行政院農業委員會農業試驗所特刊106號

台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊
Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan

程永雄　楊宏仁　倪蕙芳　黃守宏　　主編

行 政 院 農 業 委 員 會 動 植 物 防 疫 檢 疫 局　　補助

行 政 院 農 業 委 員 會
農　業　試　驗　所　　嘉 義 農 業 試 驗 分 所　　主辦

中華民國九十二年十二月

水稻抗蟲育種有效解決褐飛蝨為害
左：抗褐飛蝨的水稻
右：感蟲水稻台中在來一號

台農一號芒果經53℃/5分鐘溫水處理後七天之結果
左：對照未處理
右：53℃/5分鐘溫水處理

胡蘿蔔感染根瘤線蟲之病徵

行政院農業委員會農業試驗所特刊106號　　ISBN：957-01-6172-8

台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊

程永雄 楊宏仁 倪蕙芳 黃守宏　主編

行政院農業委員會動植物防疫檢疫局　補助
行政院農業委員會
農　業　試　驗　所　嘉義農業試驗分所　主辦

中華民國九十二年十二月

TARI Special Publication No.106 ISBN : 957-01-6172-8

Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan.

Proceedings of a Symposium held at
Chiayi Agricultural Research Branch
Agricultural Research Institute
10 July 2003

Edited by

Y. H. Cheng, H. R. Yang, S.H. Huang and H. F. Ni

Published by
Chiayi Agricultural Research Branch
Agricultural Research Institute
Taiwan, R.O.C.
Dec. 2003

台灣作物病蟲害綜合管理研討會
中華民國九十二年七月十日

台灣作物病蟲害綜合管理研討會

時間：92 年 7 月 10 日（星期四）

地點：行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所（嘉義市民權路２號）。

議 程

08:30－09:10	報到		
09:15－09:45	主席及來賓致詞	主持人：林俊義所長	
09:45－09:55	團體照相		

第一節　　主持人：高清文主任秘書

10:00－10:25	植物防疫現況與展望	張弘毅組長
10:25－10:50	有害生物管理的多層面思考	陳秋男教授
10:50－11:20	台灣水稻害蟲綜合管理研究之回顧及展望	鄭清煥主任
11:20－11:45	台灣水稻病害之綜合管理	張義璋副研員

第二節　　主持人：王順成理事長

13:30－13:55	檬果炭疽病綜合管理與採收後溫水處理效果評估	楊宏仁博士
13:55－14:20	以性費洛蒙誘引劑爲基礎之楊桃害蟲綜合管理	黃振聲組長
14:20－14:45	非化學農藥新技術在蔬果類病害防治上的應用	羅朝村博士
14:45－15:10	利用卵形捕植蟎綜合防治胡瓜銀葉粉蝨	白桂芳博士

第三節　　主持人：朱耀沂教授

15:30－15:55	柑桔黃龍病的感染與防治研究	洪士程助研員
15:55－16:20	台灣作物線蟲病害綜合管理	程永雄分所長
16:20－16:45	蘇鐵白輪盾介殼蟲之發生生態與綜合管理	石正人教授
16:45－17:10	利用溫氏捕植蟎（*Amblyseius womersleyi* Schicha）綜合防治草莓葉蟎（*Tetranychus urticae* Koch）：釋放量與防治效果評估	施劍鎣教授

第四節

17:10－17:30	綜合討論	林俊義 高清文 王順成 朱耀沂 程永雄

致　詞

農業試驗所 所長　林俊義

鄭主任於七月十六號退休，在這鄭主任退休的研討會，特別感謝農委會動植物防疫檢疫局提供這個機會和大家一起研討近幾年來台灣有關病蟲害的研究情況和自己的經驗。大家都知道，病蟲害的管理是很重要的，過去幾年在病蟲害的防治上使用很多農藥，近幾年來由於已見農藥對環境造成不良影響，對於農藥的使用感到頭痛。鄭主任在過去幾十年對蟲害管理的研究下很大的功夫，著墨非常多，探討很多病蟲害管理的方法與手段，在他退休前夕，特別要就教鄭主任有關病蟲害各方面的經驗和學術。

鄭主任于民國五十二年進入農業試驗所服務，早期在國際稻米研究中心進修，後來得到東京大學蟲害博士學位；一直到農試所數十年的時間，專精於蟲害研究，爲一專業病蟲害專家，數十年如一日。在嘉義農試分所服務，貢獻非常多，對台灣的蟲害，尤其褐飛蝨有實際的瞭解。

六〇年代台灣水稻嚴重發生褐飛蝨之危害，水稻產業受到嚴重威脅，經過鄭主任各方面的資料收集及努力研究，有了很大的收穫，在短期間研發抗褐飛蝨的品種「秈稻十一號」，另外水稻產業蟲害管理方面，鄭主任也都有很多的貢獻。

台灣昆蟲界，有關蟲害管理，尤其褐飛蝨的預測，每一年根據預測資料的準確性，因此農民對蟲害的防治得宜，使得蟲害減少很多，使收益增加。

我在二十幾年前就認識鄭主任，因爲他喜歡學術研究，自始自終專精於蟲害管理，他這種專注的精神、學者的風範，令人敬佩。他對國家貢獻很大，獲得許多獎項，如：「優秀農業獎」、「國際同濟會專家獎」等，是一大殊榮，我謹代表農委會主任委員李金龍頒發匾額、獎牌。感謝鄭主任數十年來對國家的貢獻，尤其病蟲害管理方面，希望他退休以後，以他的知識及對蟲害管理的專精，到農試所總所來指導後進。

感謝大家今天的參與！

鄭主任清煥博士致詞

農業試驗所嘉義農業試驗分所
植物保護系主任　鄭清煥

敝人沒有像各位長官剛剛講的眞的貢獻卓著，只是盡我自己當一位公務員應該盡的本分。也許我的生肖屬牛，牛是非常堅持的，所以凡事堅持下去，因爲這樣子才能累積資料，我想在這個變動非常快速的社會中，資料累積的工作是比較難做的，但是從累積資料中卻可獲得很多資訊，如：族群的變動、族群發生及預測…，尤其在水稻方面，蟲相變動非常快…等等，都需要好好的研究，尤其重要的是還要在思考領域方面多加強，如此才能掌握住資料的意義，也才能有所成。

謝謝各位的鼓勵，也謝謝大家今天的參加，謝謝！

台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊

目　錄

議程表

所長致詞

鄭主任清煥致詞

植物防疫現況與展望……1

有害生物管理的多層面思考……9

台灣水稻害蟲綜合管理研究之回顧及展望……11

台灣水稻病害之綜合管理……39

檬果炭疽病綜合管理與採收後溫水處理效果評估……61

以性費洛蒙誘引劑爲基礎之楊桃害蟲綜合管理……83

非化學農藥新技術在蔬果類病害防治上的應用……107

利用卵形捕植蟎綜合防治胡瓜銀葉粉蝨……121

柑桔黃龍病的感染與防治研究……139

台灣作物線蟲病害綜合管理……151

蘇鐵白輪盾介殼蟲之發生生態與綜合管理……169

利用溫氏捕植蟎(*Amblyseius womersleyi* Schicha)綜合防治草莓葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch)：釋放量與防治效果評估……193

綜合討論……223

植物防疫現況與展望

張弘毅
台北市　動植物防疫檢疫局植物防疫組

摘　要

我國加入世界貿易組織以後，爲確保國內農業生產安全及維護農產品外銷順暢，植物防疫及檢疫業務益趨重要。爲因應當前局勢，植物防疫業務之執行除須依據國內相關法規外，更須符合相關之國際規範，包括農業協定、食品衛生及動植物防疫檢疫措施協定以及國際植物防疫檢疫標準等。有鑒於此，當前植物防疫之施政重點包括：(一)健全法規、充實地方防疫體制及人力，(二)掌握疫情、落實疫病蟲害監測及診斷服務，(三)加強病蟲害風險分析、提升植保水準，(四)推動重大病蟲害共同防疫及整合性管理，(五)推動檢疫病蟲害之緊急防治，以確保我國爲病蟲害低流行區或非疫區，及保障外銷農產品之防疫安全。(六)爭取加入國際組織及積極參與其相關活動。爲因應未來將更爲繁重之防疫業務，如何整合國內各防疫相關機關就技術研發、推廣及業務推動上密切配合，以做好病蟲害監測、防治技術指導、教育訓練及重大病蟲害防疫工作；如何加強國際資訊、技術交流合作，以落實與各國間的大區域共同防疫工作，以及依據國際規範有效支援檢疫把關措施，制定嚴謹的農產品進口前原產地田間防疫條件，以阻絕國外危險性病蟲害於境外的防疫作爲，均爲今後努力的重點方向。

前　言

我國於去(91)年成爲WTO第144個會員國後，隨著關稅閉壘的打開及開放市場之國際貿易趨勢，展望未來隨著國人生活品質的提高，國外農產品之進口量將持續增加。爲保護我國農業、自然生態及國人健康，如何防範有害生物隨著國際間農產品的流通而傳播，以及如何防治與管制國內重要疫病蟲害的發生蔓延，以促進農業永續發展及維護農產品外銷順暢，爲當前我國植物防疫檢疫施政上重要的課題。

以任務範圍來劃分，植物防疫主要是針對國內植物疫病蟲害進行偵測、緊急撲

滅、疫區之劃定、管制、圍堵、或施行防治措施等工作；植物檢疫則是針對國外疫病害蟲在機場、港口或國外原產地採取防堵或管制措施，以避免有害生物入侵。過去由於防疫檢疫工作普遍未受到重視，所以國外疫病蟲害傳入台灣且造成危害的案例很多，所造成的損失也相當可觀，不但增加農業的生產成本，也使得我國某些農產品無法外銷，影響到相關產業的經營發展。

87 年 8 月動植物防疫檢疫局的成立可說是我國防疫檢疫工作一元化的重要里程碑，而去 (91) 年我國加入 WTO 以後，就植物防疫檢疫而言，更開啓了一個充滿挑戰與機會的新時代。主要是因爲以往我國並非聯合國糧農組織的會員國，防疫檢疫業務只能被動地配合貿易對手國要求，依循國際規範辦理，並無主動參與國際防疫檢疫組織諮商之權利及機會。現在 WTO 下已架構有防疫檢疫的國際規範機制，國際交流的環境及管道都已經順利開啓，因此如何因應此時機，更加落實我國防疫檢疫工作，以達到有效降低國外疫病蟲害傳入風險，並加強國內植物防疫工作，防杜有害生物蔓延，甚至建立病蟲害非疫區或低流行地區，已儼然成爲推動現階段防疫檢疫工作的重要任務。

國際植物檢疫規範現況

(一)農業有關之協定

WTO 架構下有關農業的協定很多，包括關稅暨貿易總協定、農業協定、食品安全檢驗與動植物防疫檢疫措施協定 (SPS 協定）、技術性貿易障礙協定、原產地規則協定、輸入許可證程序協定、反傾銷協定、補貼暨平衡措施協定及防衛協定等十餘個協定。其中，農業協定第 14 條規定各會員國應同意實施 SPS 協定，而且爲符合公平貿易原則，要求各國對於農業的補助—即所謂的境內支持措施應盡量削減。惟與施行防疫檢疫有關的農業補助措施，包括一般性研究、病蟲害防治計畫，例如早期預警制度、檢疫和撲殺、訓練性服務及研究成果的示範等，則仍屬於該協定所列舉之可免於削減補助的項目，即符合綠箱 (Green box) 措施的項目。

(二)SPS協定

本協定規定共 14 條，主要規定會員有權爲保護人類、動物或植物的生命或健康需要，採行必要的檢驗與防疫檢疫措施。而會員採行之措施，必須有客觀、合理的依據，不得僅依主觀認定就採行武斷或恣意的限制措施；在訂定檢疫管制措施時，並應依照或參考現有的國際標準、準則與建議，同時在採行該些措施前，亦應有適當風險評估之科學依據。其他規定亦包括區域性條件之適應：包括害蟲或疫病

之非疫區低流行疫區；透明化；技術協助；特殊與差別待遇；諮商與爭端解決等相關規定。

(三)國際植物保護公約(IPPC)

該公約共有 23 條，是一個多邊協定，透過聯合國糧農組織下的國際植物保護公約秘書處來執行。目前共有 110 個締約國。該公約的宗旨在透過國際間共同、有效的行動來杜絕有害生物的蔓延及傳播，並提昇其防治措施。在 WTO 成立前該公約可說是國際間植物檢疫措施的唯一標準，在貿易上扮演極爲重要的角色。而 WTO 成立後，該公約的秘書處亦成爲 WTO 之 SPS 協定所認可，制定防疫檢疫措施之國際標準的組織。

(四)IPPC之國際標準

IPPC 秘書處目前已制定完成 19 種植物防疫檢疫國際標準—通稱爲國際植物防疫檢疫措施 (ISPM) ，且都爲 SPS 協定所認定的重要國際標準、準則或建議，分別是 ISPM1 國際貿易有關的植物檢疫準則、 ISPM2 有害生物風險分析準則、 ISPM3 外來生物防治體之輸入與出作業準則、 ISPM4 建立非疫區的要件、 ISPM5 植物防疫檢疫詞彙、 ISPM6 監視準則、 ISPM7 輸出驗證制度、 ISPM8 地區疫情之決定、 ISPM9 有害生物撲滅計畫準則、 ISPM10 建立非疫產地和非疫生產點的要件、 ISPM11 檢疫有害生物風險分析、 ISPM12 植物檢疫證明書準則、 ISPM13 違規及緊急行動通知準則、 ISPM14 採用整合措施系統有害生物風險管理、 ISPM15 國際貿易木材包裝規範準則、 ISPM16 管制類非檢疫有害生物 (觀念與應用) 、 ISPM17 有害生物報告、 ISPM18 使用照射作爲植物檢疫措施之準則、 ISPM19 管制有害生物清單準則。這些近 8 年來所新制定的規範，對於調和各國防疫檢疫管制措施及促進國際間檢疫透明化均發揮了相當作用。

我國植物防疫法規現況

(一)植物防疫檢疫法

本法共 35 條，其中有關防疫之部份主要爲實施國內植物防疫，明定中央主管機關得指定特定疫病蟲害之種類、範圍，並公告之，對重大疫病蟲害問題可作適切、周延的防治。另外，爲防杜特定疫病蟲害蔓延，保護植物種苗健康，規定中央主管機關得指定繁殖用植物種類，實施特定疫病蟲害檢查。爲防止特定疫病蟲害的蔓延，規定中央主管機關得劃定疫區，限制或禁止植物、植物產品、土壤及其包

裝、容器、栽培介質之遷移。以及規定中央主管機關認為防疫上有必要時，得實施緊急防治措施。為達到根絕有害生物之目的，除了禁止養殖外，並強制撲殺，避免擴大，必要時，也可設立檢疫站施行檢查，以確保農業生產安全。

(二)植物防疫相關法規

目前已公告之植物防疫相關法規共 14 種，包括植物防疫檢疫法施行細則、植物防疫及檢疫執行辦法、繁殖用植物實施特定疫病蟲害檢查及收費辦法、繁殖用植物實施特定疫病蟲害檢查機構認定及管理要點、火鶴花種苗實施特定疫病蟲害檢查作業要點、疫區植物或植物產品土壤及包裝容器栽培介質遷移核准辦法、植物或植物產品運出金門馬祖地區檢查辦法、金門馬祖植物或植物產品來源地供貨證明書核發須知、植物疫病蟲害緊急防治補償費補助辦法、植物種苗疫病蟲害驗證輔導要點、植物種苗疫病蟲害驗證規費收費標準、綠竹種苗病毒檢定驗證作業須知、豇豆種子病毒檢定驗證作業須知、文心蘭無病毒種苗驗證作業須知。此外，為推動蝴蝶蘭、柑桔及彩色海芋種苗疫病蟲害驗證輔導措施，亦正陸續增訂相關作業須知。

當前植物防疫之施政重點

(一)健全法規、充實地方防疫體制及人力

為健全植物防疫的法制規範，以建構嚴密的防疫體系，防檢局近幾年已先後完成「植物防疫檢疫法」、「繁殖用植物實施特定疫病蟲害檢查及收費辦法」、「植物或植物產品運出金門馬祖地區檢查辦法」、「植物防疫及檢疫執行辦法」以及「植物防疫檢疫法施行細則」的制定及修訂。為符合國際規範，目前亦積極進行「植物防疫檢疫法」之第 5 次修訂工作。

為落實防疫業務之推動，在中央政府中除防檢局外，農委會所屬的農業試驗所及其兩個分所、農業藥物毒物試驗所、7 個地區農業改良場、茶業改良場及種苗繁殖場等十餘個機關亦都參與推動防疫工作。此外，防檢局每年亦補助台灣大學、中興大學、嘉義大學及屏東科技大學等十餘所大專院校進行科技研發、病蟲害疫情監測及技術示範推廣指導等工作。前揭單位所組成的團隊可說是目前防疫工作的主力。

在縣市基層的人力方面，雖然植物防疫檢疫法第四條規定，地方主管機關應設置或指定植物防疫單位，置植物防疫人員辦理防疫工作。惟限於經費及編制，目前除宜蘭縣及金門縣設有動植物防疫所外，其他縣市均未設專責單位。由於地方防疫工作能否落實與基層防疫體系及人力是否健全息息相關，因此為鞏固基層防疫工

作，推動各縣市政府設置植物防疫專責單位為當前施政上努力的方向。

為整體提昇我國植物防疫檢疫人員素質，防檢局目前積極進行的修法工作中，亦希能比照動物傳染病防治條例及獸醫師法之規定，建立植物保護師制度。冀能使中央到地方之防疫專業人才素質能再加提升，以強化我國防疫陣線之效率及水準。

(二)掌握疫情、落實疫病蟲害監測及診斷服務

為掌握植物疫情監測及落實通報作業，防檢局多年來透過國內各防疫機關所組成的整合監測團隊已發揮很好的成效，在國內重要病蟲害的發生監測方面，例如針對過去 3 、 4 年來發生較嚴重的番茄、馬鈴薯晚疫病之疫情積極進行共同監測、通報與防治技術推廣，近 1 、 2 年來已使得其疫情明顯趨緩；目前實施該項主動監測、通報的病蟲害對象還包括東方果實蠅、瓜實蠅、稻熱病及水稻白葉枯病等，以在其發生初期或猖獗發生前，即發揮事先預警功能，通知各單位及農民注意防治，以減輕危害損失；在外來疫病蟲害偵測方面，防檢局已在全國各地佈建由 1,011 個疫病蟲害偵測點所組成的偵測網，加強海外可能入侵之檢疫害蟲（例如地中海果實蠅、蘋果蠹蛾及其他果實蠅類等）之偵測，希望能及時發現、迅速處理，防杜其蔓延為害。此外，並針對西方花薊馬、光肩星天牛、紅斑螟蛾、檬果象鼻蟲、檬果種子象鼻蟲、小蜂蟎、氣管蟎、刺足根蟎、香蕉細菌性萎凋病、李痘瘡病毒、重要檢疫線蟲及農地上雜草進行重點式偵測與調查，迄今均未發現該些國外疫病蟲害入侵。

為提升作物病蟲害診斷及防治技術諮詢服務品質，防檢局目前在全國共設置有 34 個「作物病蟲害診斷服務站」，分別位於各農業試驗改良場所及植物保護相關之大專院校，免費提供農民有關病蟲害防治技術諮詢服務，對提升農友的防治技能、指導安全用藥，及提供正確之植物防疫觀念均甚有助益。同時，由於疫情監測及診斷服務案件的通報，對加強植物保護人員對於植物疫情的掌握更有幫助。去年於通報系統上執行之診斷服務案件達 3,095 件。

(三)加強病蟲害風險分析、提升植保水準

為符合國際規範，防檢局已積極建立我國有害生物風險分析模式，藉由科學化的評估方法，釐清海外疫病蟲害入侵可能造成的風險，包括其入侵、立足或傳播可能造成生產或貿易的經濟損失，所增加防治或撲滅費用，以及受影響所及的國內相關產業損失等，以作為採行或建議加強防疫檢疫管制之依據。目前我國對於檢疫病蟲害係採分級管理的方式：第一級對危險性極高的疫病害蟲，如穿孔線蟲、地中海果實蠅等，禁止自疫區輸入其寄主植物或植物產品；第二級對危險性較低之疫病蟲

害，如蘋果蠹蛾、黑果實蠅、西方花薊馬等，其寄主植物或植物產品自疫區輸入前，必須先經過輸出國特別檢疫或施行檢疫處理，或在出口前須經檢疫認定其符合我國規定者才能銷台。

(四)推動重大病蟲害共同防疫及整合性管理

1. 東方果實蠅共同防治

東方果實蠅可以危害包括柑桔、桃、梨、番石榴、芒果、蓮霧、楊桃等 30 餘種高經濟果樹，是台灣地區果樹的重要害蟲，造成每年高達數十億元的經濟損失，同時也影響到我國許多農產品的外銷。為有效減輕果實蠅之危害，防檢局多年來賡續推動全國性共同防疫措施，推廣在果樹栽培區及其外圍，懸掛果實蠅誘殺資材（包括含毒甲基丁香油、食物誘引劑、黃色黏紙）以防治果實蠅，對抑制其發生及減輕為害損失均有很好的效果。

2. 野鼠共同防治

野鼠除危害農作物外，又能傳播人類病害（例如漢他病毒），且繁殖力強，因此實施長期性滅鼠工作確有必要。為此，防檢局每年均配合衛生及環保單位，在「全國滅鼠週」期間，配合推動野鼠共同防除計畫，補助農民滅鼠毒餌，並宣導大家共同執行防除工作。去年公共地野鼠防除面積為 628,818 公頃，一般耕地 563,464 公頃，防除率達 84 % 以上，有效降低野鼠棲群密度，估計減輕農作物損失逾 8 億元。

3. 整合性病蟲害管理技術推廣

為降低農藥的使用，目前積極推廣給農友應用的項目包括有益微生物、天敵及性費洛蒙等，對降低國內農藥使用量，提升農產品的衛生品質，以及維護自然生態環境均有助益。目前已推廣利用寄生蜂、捕植蟎、草蛉等天敵及性費洛蒙生物防治技術，用來防治楊桃花姬捲葉蛾（果實蛀蟲）、二點葉蟎等害蟲，今年預定辦理的面積可達 250 公頃以上。針對具產業競爭力的園藝作物（例如蓮霧、檬果、荔枝、楊桃、梨、桃、甜柿及葡萄等），辦理整合性病蟲害防治示範，去年辦理 9,755 公頃，成效良好。另外，也針對設施蔬菜、茶園及菊花、唐菖蒲、百合、洋桔梗、滿天星等花卉，辦理整合性防治觀摩示範，指導農民採取正確的病蟲害防治方法。

4. 建立無指定疫病蟲害種子種苗驗證制度

植物種苗的買賣流通是許多作物重要病蟲害傳播途徑，尤其因病蟲害潛存在繁殖體內，一般人無法查覺，而成為防疫體系的盲點，因此，健康種苗檢查制度早為世界各國所重視。為確保種苗的健康，防檢局近幾年來積極規劃及推動「輔導性」植物種苗疫病蟲害驗證制度，逐步推動文心蘭、豇豆、綠竹、柑桔、蝴蝶蘭及彩色

海芋等作物種苗的驗證規範，鼓勵種苗生產業者培育健康種苗，尤其是不帶關鍵性病毒種苗的生產，提昇農產品品質及產業競爭力。例如文心蘭無病毒種苗驗證作業須知，已於去年 3 月 12 日公布實施，綠竹種苗病毒檢定驗證作業須知及豇豆種子病毒檢定驗證作業須知，已於今年 11 月 14 日公布實施。

5. 推動檢疫病蟲害之緊急防治

針對檢疫病蟲害或新入侵病蟲害採取必要之緊急防治措施，以撲滅或控制疫情，是維持我國為特定疫病蟲害非疫區的優勢之重要措施。例如，為杜絕火鶴花特定疫病蟲害的傳播與蔓延，防檢局已成功完成緊急防疫措施，並已依據植物防疫檢疫法之規定，自 89 年 9 月開始實施火鶴花種苗檢查制度，對確保火鶴花之生產安全及產業發展甚具貢獻。另外，為落實可能入侵重大病蟲害之緊急防治行動，防檢局於去年 10 月間，在臺中縣東勢鎮曾舉行地中海果實蠅緊急撲滅演習，希望在發現國外病蟲害入侵的第一時間，立即啓動緊急防疫機制，採取必要的防治、撲滅或控制措施。

6. 爭取加入國際組織及積極參與其活動

為廣泛蒐集國際植物防疫檢疫規定以及疫情資料，防檢局每年均派員參加 WTO/SPS 委員會議及亞太經濟合作會議 (APEC) 等相關國際會議，希望藉由積極參與國際交流活動，達到分享疫情資訊及共同防杜有害生物在國際間蔓延的目標。由於受到我國並非聯合國會員國，目前在該聯合國糧農組織下運作的國際植物保護公約及區域間的植物保護組織，如亞太地區植物保護組織等，其相關會議及活動我國均無緣參與，為突破此瓶頸，防檢局正積極籌劃透過 WTO/SPS 委員會及與各國貿易諮商之管道，努力爭取加入該些國際組織，以建立與區域國家間的防疫檢疫合作平台，並鞏固亞太地區防疫陣線。

未來展望

我國加入世貿組織後，未來的植物防疫措施將繼續依據國際相關規範來推動，防疫方面，將加強推動有害生物偵測、監測、風險評估、整合性管理及緊急防疫措施；檢疫方面，則將強化邊境管制，嚴守農產品輸入檢疫把關工作，以達到防疫檢疫一體，相輔相成的整體目標。在現有的基礎上，植物防疫工作未來努力的方向包括：（一）健全中央及地方防疫體制及整合人力資源，以提昇防疫效能。（二）強化對國內及海外重大有害生物疫情監測及預警功能。（三）落實檢疫有害生物的緊急防疫措施，舉辦防疫演習，逐步建立疫病蟲害非疫區或低流行生產區之防疫機制。（四）加強以非農藥為主之整合性植物防疫技術的研發與示範推廣，積極推動

健康種苗驗證制度，以配合農業永續經營發展之需。（五）落實國內重大疫病蟲害之防治措施，協助突破農產品外銷檢疫瓶頸。（六）加強農民防疫技術訓練，建立農民自衛防疫的新思維，並提升其技能。（七）加強防疫檢疫之宣導，讓全民共同體認防疫檢疫的重要性，建立共同防杜疫病蟲害傳入、滋生、蔓延之觀念。（八）加強國際間之資訊交流，與鄰近國家組成大區域防疫聯盟，有效阻絕海外危險性病蟲害於境外。

結　語

植物防疫及檢疫工作對國家經濟、自然生態環境與國人生活品質的影響是全面性的，其成效不僅有賴健全的法令與體制，專業的知識與技能，充足的人力與配備，亦需要有國際的宏觀與作為，最重要的是必須全民的參與及配合。要建構健全的國內外植物防疫檢疫網，除有賴農民的正確認知，做好病蟲害防治工作，以及政府單位相關法令及行政措施的配合外，學術界及研究單位優秀人力的參與，提供技術開發及必要的支援都是重要的關鍵。深信唯有透過各方面的共同投入及努力，才能在符合 WTO 規範促進國際貿易的同時，有效防杜外來植物疫病害蟲的入侵，保護我國農業生產安全，進而維護國人福祉，增進經濟發展及提昇國際形象，並達到「全民防疫，專業檢疫」之目標。

有害生物整合管理的多層面向思考

陳秋男
台北市　台灣大學昆蟲學系

IPM 是一門跨學科的應用科學，以人類的福祉為優先，以生態學為基礎，以管理學為指導，以整合為策略，以科技為後盾。IPM 牽涉人、事、物等之對象的互動，故係一複雜問題。而「我們被迫在一切知識領域中運用“整體”或“系統”概念來處理複雜問題」，一般系統理論的建構者 von Bertalanffy 如是說。本文以作物保護為主題，從系統、生態、經濟及管理四大取向的多元層級與面向來思考 IPM，正如蘇東坡詩曰：「橫看成嶺側成峰，遠近高低各不同，不識廬山眞面目，只緣身在此山中」。Princeton 大學的數理生態學家 Simon Levin 認為「人們對世界的看法迥然各異，乃因人們藉以觀察世界的窗口大小不同所致。」為此，Stanford 大學生物系教授 Stephen H. Schneider 如是建言：「我們顯然需要大量各種尺度的研究結果來避免認識上的膚淺，需要綜合衆多研究方法來迎接現實世界各種問題的挑戰。」是故，整合不同層級、不同面向的微觀與宏觀的研究結果來解決 IPM 問題應是合宜的。

IPM 拆開而言，第一個關鍵字是 Pest(s)，係指與作物同時生活在同一地方，組織成生態系統，直接或間接加害作物的動物、植物或微生物的種、品種或生物小種而言。根據其四個字母，我們也可從四個方面來思考 IPM，即 P：Politics（政治學），E：Ecology（生態學），S：Socioeconomics（社會經濟學）及 T：Technology（科技）。

IPM 的第二個關鍵字是 Integrated（或名詞 Integration），整合係合分歧（diversity）為統一（Unity）（"Creating Unity from Diversity"），以形成整體，產生團結後的協力效果（Synergy），其指標為聯繫（Connection）、協調（Coordination）及和諧（Harmony）。所謂合縱與連橫，亦即垂直與水平整合。IPM 中整合的內涵包括如科技學門整合、治標（治療）與治本（預防）技術整合、多種多類有害生物防治系統整合、產官學研推廣人力整合等等。由單元至多元的整合，循序進階。

IPM 第三個關鍵字是 Management，管理是透過企劃規劃（Planning）、組

織（Organizing）、領導（Leading）及控制（Controlling）之循環運作決策過程，以有效整合利用有形資源（人力、財務、物料）與無形資源（科技知識、資訊、法規、智慧財產等），俾產生績效，達成事業目標。故此所謂管理已隱含系統與整合的概念在內。所謂「系統」是由具有特定功能的，相互間具有有機聯繫的許多部分（子系統）組構而成，並不斷在演化（Evolving）的「整體」。以功能來界定系統是研究整體通常採用的方法，而分工與整合是管理的基本要求。IPM 的管理系統可約略界定是由如下的子系統相互聯繫所組成：即農業生態系統（Agro-ecosystem）、監視（Surveillance）、決策（Decision-making）、執行（Implementation）及評鑑（Evaluation）等。故就管理而言，整體系統管理應爲第一要務。

IPM 的管理一向以 Agroecosystem 的管理（含作物、有害生物及棲地環境三方面）爲基本單元，近年又有所謂「植物健康管理」，這是就生物科學角度而言的。我們應該學會從管理科學的角度來看 IPM，學習管理者所需技能，包括技術技能、溝通技能、領導能力與分析問題、解決問題及應變的（危機處理）能力。尤其特別重視目標管理、品質管理及風險管理。再則，系統的邊界是人爲的，它其實是四維的「時-空」連貫體，而系統也具有階層（Hierarchy）的結構，其行爲受制於其上位系統而其效率則來自其內部子系統。IPM 是作物整合管理（Integrated Crop Management）系統之子系統，而 ICM 又是永續農業（Sustainable Agriculture）的子系統，SA 則爲國家永續發展（Sustainable Development）的子系統。IPM 深陷於系統網絡中，企求兼顧生產面（經濟的）、生活面（社會的）及生態面（環境的）的總體效益。

台灣水稻害蟲綜合管理研究之回顧與展望

鄭清煥

嘉義市　行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所

摘　要

害蟲綜合管理是一種以生態爲基礎，以經濟爲目的的一種管理策略，主張儘量利用耕作手段及生物與物理之環境阻力，降低害蟲的蟲源及其定棲後族群之增殖率，以抑制害蟲密度於可能造成經濟損失的基準之下，當害蟲密度超越所訂的容許界限時再適時使用適當的葯劑加以抑制。建構此一管理體系除需具備深厚害蟲生態基礎外，並需考慮資源的取得、社會的需求、農友的配合及政府推行的決心，才能落實。本文僅就台灣過去水稻主要害蟲之變遷，經濟危害基準及防治適期的釐定，各種可供抑制害蟲的防治技術，以及害蟲綜合管理實施架構的研究加以綜述，並展望未來發展及落實應用之建議，以供同道參考。害蟲綜合管理的內涵，可隨水稻害蟲的演變、資源的取得以及技術的提升而改變、充實，但最重要的是要整合作物育種、栽培管理、病、蟲、草害的植保人員以及推廣人員，從生態、經濟、及社會的需求面，釐定一套明確、簡單而易行的操作流程，才可能爲農民所接受，落實於田間應用。

（關鍵詞：水稻害蟲、綜合管理、經濟危害基準、防治策略）

前　言

水稻為國人主要糧食作物，雖然因社會環境之變遷，導致其栽培面積由 79 萬餘公頃下降至目前之 35 萬公頃左右，但仍為目前栽培面積最大的作物。在水稻栽培過程中，病、蟲危害是為穩定生產的重要因素，若無防治或防治不當，可能導致 50% 以上之損失 (32,54,72) 。惟水稻病、害蟲之防治隨社會之變遷，科技的進展而改變；在 1940 年代合成殺蟲劑未問世以前，以利用農耕操作及天敵保育方法為防治主軸，在 1950 年代合成殺蟲劑普遍使用後，由於其治蟲效果迅速，且資材取得方便，很快地即成為台灣水稻害蟲的主要方法 (11,64) 。然而很快地，由於農藥之過度使用在 1960 年代即因其毒害天敵及抗葯性的產生而引起黑尾葉蟬及褐飛蝨等害蟲的再猖獗發生危害 (3,6,7,8,9,10,12,13,17,26,64,99) ，導致蟲害防治更形困難。此種現象非但發生於台灣，亦在亞洲其他水稻栽培區呈現 (84,89,92,96,104) 。為緩和此種過度使用殺蟲葯劑所引起害蟲的反撲，各國紛紛發展所謂的「害蟲綜合防治」或「害蟲綜合管理」策略，以抑制害蟲的猖獗危害。害蟲綜合管理是一種以生態為基礎，以經濟為目的的一種害蟲管理策略，其目標並非消滅害蟲，而在於抑制害蟲密度於其危害可能造成經濟損失的基準之下；具體的作法是盡量利用耕作防治、生物防治及物理防治等方法以增加害蟲繁衍阻力，當害蟲族群密度超越所訂定的容許界限時，再適時使用適當葯劑加以抑制 (33,97,105) 。這一錯綜複雜的防蟲體系之最終目標，是希望避免農葯的濫用及其對生態環境的衝擊。然而欲建構此一防治體系，需具備深厚的害蟲生態基礎，如害蟲之發生偵察、族群動態、發生預測、危害時期及危害損失測定及釐定「經濟危害基準」與防治適期等，是為建構此防治體系之基礎；至於如何結合各種防治方法於一體才能發揮最大的防治效益，以及考慮資源的取得、社會的需求、農友的配合意願以及政府的推行決心，均為考驗此一害蟲防治策略是否能真正落實。因此害蟲的綜合管理的實施很難藉由個人或研究室去推行，需集團隊的研究及結合農友、社會及政府的推動決心，才能達成。

水稻害蟲綜合管理在近十餘年來於亞洲水稻栽培地區積極進行中，尤其在獲得 FAO 資助之印尼、菲律賓、越南、韓國及中國等地。在這些國家都偏重於結合抗蟲品種、害蟲天敵及選擇性葯劑的防治策略 (87,101,103, 109) 。在日本雖亦積極發展抗蟲品種之利用，但目前仍以偏重於結合葯劑的合理使用及天敵保護的防治策略 (97) 。本文僅就台灣在過去三十年來水稻害蟲綜合管理研究之進展加以描述，並展望未來之發展方向，以供有關人員參考。

台灣主要水稻害蟲之演變

台灣水稻害蟲已記錄者有 140 餘種，主要害蟲自 1950 年代以來，隨著水稻耕作方式之演變及防治策略的改變而有變動 (11,64)。在 1940 年代末期，號稱的水稻五大害蟲之三化螟、黑椿象、鐵甲蟲、負泥蟲及白背飛蝨 (11,22)，於 1950 年代大量使用殺蟲葯劑後，黑椿象及鐵甲蟲幾乎自田間消失，三化螟蟲亦因在 1950 年代後期及 1960 年代初鼓勵開發地下水，使第一期稻提早於越冬世代螟蛾出現前之元月下旬即行整田插秧，該害蟲自此難於田間發現 (30)，而負泥蟲亦因葯劑防治於 1970 年代即逐漸式微 (96)。在廣效性合成殺蟲劑的密集使用下，導致二化螟、黑尾葉蟬、稻心蠅及褐飛蝨在 1960 年代相繼嚴重發生 (1,2,14,31,32,44, 56)，且由黑尾葉蟬媒介傳播之黃萎病 (yellow dwarf) 及黃葉病 (Transitory yellowing)，亦於此時在台灣地區嚴重發生 (23,36,72)。在 1960 年代後期，台灣逐漸以耕耘機取代水牛耕田，堆積稻稿飼牛現象逐漸減少，二化螟蟲之發生族群密度亦隨主要越冬場所之被消除而逐漸下降，終成潛在害蟲，一直至 1980 年代政府推行稻田轉作計畫，稻稿復被利用於園藝作物栽培而再崛起。在 1970 至 1985 年間，褐飛蝨一直為台灣及東亞地區之水稻主要害蟲，每年發生面積均達一萬公頃以上，被害產生「蝨燒」之稻田處處可見。瘤野螟及斑飛蝨亦分別於 1970 年後期及 1980 年代逐漸嚴重發生，前者在 1970 年以前二期稻發生面積均在 1 萬 5 千公頃以下，在 1972 年後發生面積增至 2 萬至 3 萬 5 千公頃間 (42,64)；在同期間，瘤野螟亦在東南亞地區，中國及日本等地由次要害蟲變為主要害蟲之一 (73,88,108,110)，一般認為與東南亞地區改植半矮性豐產品種、密植以及使用高氮肥等新栽培技術有關；其後研究發現此一害蟲與褐飛蝨、白背飛蝨同屬長距離遷移性害蟲，可自東南亞遷入華南再擴散至日本、韓國等地；台灣位於其遷移途徑邊緣，在氣候條件適合時亦可被波及 (63,108,110)。至於斑飛蝨則因在 1984 年稻田轉作及推行不整地栽植裡作，提供良好越冬場所而使其族群大增，形成一期稻主要害蟲之一 (38,82)。1990 年水稻水象鼻蟲首在桃園新屋發現，迅速擴展至台北、新竹及苗栗地區，1996 年越過苗栗山區向南蔓延至大安溪北岸，至 2001 年擴張至大肚溪南岸及東部花蓮富里及台東之池上地區。在 1990 年代後期因稻米收入微薄，農友防治意願低落，加上水稻有機栽培面積逐漸擴大，害蟲發生相又逐漸隨耕作管理方式之改變而轉變中。

由上述主要害蟲之更替背景，可知除受本地之耕種環境改變影響外，亦受長距離遷移性害蟲由海外遷入豐度和新侵入害蟲之影響。目前在台灣地區，在一期稻害蟲以二化螟、斑飛蝨及局部地區之水稻水象鼻蟲為主，而二期稻則以瘤野螟為主，

稻飛蝨（褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨）、葉蟬類（黑尾葉蟬、電光葉蟬）、螟蟲（大螟及二化螟）、水稻水象鼻蟲及稻細蟎等在局部地區呈間歇性發生危害。值得注意的是，近年來由於越南紅河三角洲地區與中國大陸因大面積栽植雜交稻，導致白背飛蝨之發生密度逐年增加 (21,101,109)，並影響到日本及台灣 (16,40,70)。此外由於大螟及稻細蟎在二期稻局部地區之危害，目前尚缺乏藥劑可供防治，一但成災將束手無策。總之，水稻害蟲相是一直在改變中，欲從事完善的蟲害管理，首先必須注意田間害蟲之改變及其動態。

害蟲綜合管理之構成要素

1-1害蟲之危害與經濟危害基準

經濟危害基準 (Economic injury level) 是指害虫造成作物之損失值與防治成本相等之害蟲的臨界密度 (105)；此一基準是害蟲經濟防治之基石，亦為害蟲綜合管理不可或缺的要素，可供害蟲是否需要防治，防治適期之決定及防治效果之評估依據 (62,68)。目前台灣水稻害蟲之經濟危害基準是以防治害蟲一次所需成本約佔稻穀產量的 3% 為計算依據。按此一基準，經盆栽及田間接蟲危害試驗，測定褐飛蝨不同族群密度在各水稻生育期為害可能造成之損失，釐定褐飛蝨之經濟危害基準在水稻乳熟期前為 5-10 隻 / 叢，其後為 20 隻 / 叢 (53,55,75)。由褐飛蝨在田間之族群增長模式，可發現在一期稻其族群遠低於此一密度，無需防治；在二期稻，若於第三世代若蟲期可造成危害，其第二世代若蟲期均可達到經濟危害基準之密度，於此時施藥 1-2 次，非但可有效抑制褐飛蝨之危害，亦同時可抑制其他飛蝨及葉蟬類在水稻抽穗後之危害。此一措施使原本農民於抽穗後施藥 3-6 次才能防治褐飛蝨的危害，減少藥劑處理次數達 50% 以上 (62,76,77)。黑尾葉蟬之經濟危害基礎係按嘉義農業試驗分所於田間不同族群密度藥劑處理，發現每網達 10 及 20 隻時施藥，其稻穀損失率分別達 3.27-4.80% 及 5.14-10.0% 計算，暫時釐訂定黑尾葉蟬之經濟危害基準為每掃網 10 隻 (56)。

二化螟蟲的經濟危害基準則按盆栽及田間試驗，發現 5 、 10 及 20% 之枯心率可分別導致 2.3 、 4.7 及 19.6% 之稻穀損失，暫釐定經濟危害基準為 12-15% 之側黃莖或 5-10% 之枯心率及 2-3% 之白穗率 (46,54)。

瘤野螟之經濟危害基準係按顏氏使用藥劑方法測定，發現被害葉率達 2 、 5 及 10% 分別可導致 1.5-1.7 、 2.8-3.7 及 4.9-6.6% 之稻穀損失，並認為在捲葉率達 2-5% 可獲得最佳之防治效益 (71)，筆者按瘤野螟之發生盛期每叢稻平均葉片計算 2 及 5 %之被害葉片數約為 1.76-4.4 片，而每隻幼蟲可危害葉片數為 3 至 5 片計算，

暫定經濟危害基準爲每叢稻平均有幼蟲一隻，或被害葉片達 3 片以上 [59] 。

稻心蠅主要危害二期作晚植稻插秧後 40 天內之水稻幼株期，按葯劑方法測定結果，被害莖率在 10% 以內，稻穀損失率只達 1% ， 11-20% 損失率爲 5.99% ，31% 時損失率爲 15.23% ，建議被害莖率 11% 爲防治稻心蠅之經濟危害基準 [35] 。按二期水稻於插秧後第 3 至 4 週始行分蘗，一般於分蘗前每叢之株數約爲 7-10 株，而防治期應於其可能造成損失前爲之，因此建議於插秧後 20 天若發現平均每叢稻有 1 株以上之被害莖或被害莖率達 20% 時即應行防治 [54] 。

負泥蟲僅分佈於東部及北部山區稻田，於一期稻 3 至 4 月間危害水稻葉片，按葯劑試驗結果發現以每叢稻平均有幼蟲 1-2 隻時處理最爲經濟 [44,45] ，暫訂爲該蟲之防治基準。

水稻水象鼻蟲按接蟲危害試驗顯示，平均每叢稻接蟲 0.33 隻以上即可對稻株之發育造成明顯的影響，並導致 7.8% 的稻穀損失，其經濟危害基準暫定爲平均每叢稻有越冬成蟲 0.25 隻 [29] 。在日本，本蟲之經濟危害基準訂爲 0.56 隻 / 叢，稻齡較大者對該蟲爲害之容忍性較高 [98] 。

除上述害蟲外，斑飛蝨及電光葉蟬暫比照黑尾葉蟬之經濟危害基準，而白背飛蝨則比照褐飛蝨之經濟危害基準防治，此等害蟲較精確之經濟危害基準有待進一步研究釐定。

1-2害蟲族群之偵測與發生預測

台灣於 1960 年代農民使用合成殺蟲葯劑防治水稻害蟲已相當普遍，政府爲期使農葯於適時使用，有效地防治害蟲，於 1966 年在各區農業改良場設置專職之預測人員，每人負責 3-4 鄉鎮，每日巡迴調查病、害蟲之發生狀況，所獲得資料經各區農業改良場研判後發佈防治訊息，指導農民適時防治，使農葯過度使用現象獲得顯著改善 [27] ，此一制度一直持續至 1985 年因社會變遷，稻田轉作及省府精減而漸鬆散。除指導農民適時防治、增加農民收益外，此一制度的另一貢獻是爲台灣各地區水稻病、害蟲發生狀況留下寶貴的記錄。惜此等資料因受種種因素所限，無法供進一步分析，建立中、長期之病、害蟲發生預測模式。

害蟲在田間的發生經過、族群消長以及危害調查，是爲了解害蟲發生動態及主要危害時期不可或缺的資訊，亦爲提供防治適期之重要依據。累積多年的調查資料更可進一步作爲發展發生時期及害蟲豐度的模式，是爲害蟲管理非常重要的一環。在 1980 年代以前，水稻害蟲除三化螟、二化螟、褐飛蝨及黑尾葉蟬曾累積多年誘

蟲數據外 (15,19,32) ，其他害蟲則大部份只有一至二年的田間消長調查數據，很難探討影響環境因子對發生族群之影響及發展預測模式。至 1984 年，林氏利用台中區農業改良場累積 8 年資料，首先利用 ARIMA 模式發展預測 1 週後，黑尾葉蟬、褐飛蝨、六黑狼蛛及裂頭小皿蛛等四種動物族群密度之預測模式 (19,20) ，惜並未進一步驗證其實用性。其後嘉義農業試驗分所利用其位於嘉義縣溪口鄉之優良環境的農場，設置誘捕蟲器材及害蟲偵察田，累積多年的調查數據，陸續地建立了褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨、二化螟及瘤野螟等重要害蟲的族群在田間發生動態及發生預測模式 (60,65,66,69,70) 。從害蟲在田間之族群動態及其主要危害期，再與經濟危害基準結合，很容易地即可找到最適的防治期。以嘉義地區褐飛蝨的發生動態爲例，其族群密度均在第二期稻之第二世代若蟲期（孕穗期）始達到經濟危害基準上、下限，而於第三世代（齊穗至糊熟期）若蟲期造成嚴重危害 (60) ，因此於主要危害世代前一世代進行有效防治，即可避免主要危害期遭受經濟危害損失 (77) 。

表一、嘉義地區第一、二期稻水稻主要害蟲之主要危害時期[1)]
Table 1. The main infestation period of major insect pests of rice in the first and second cropping seasons in Chiayi district[1)]

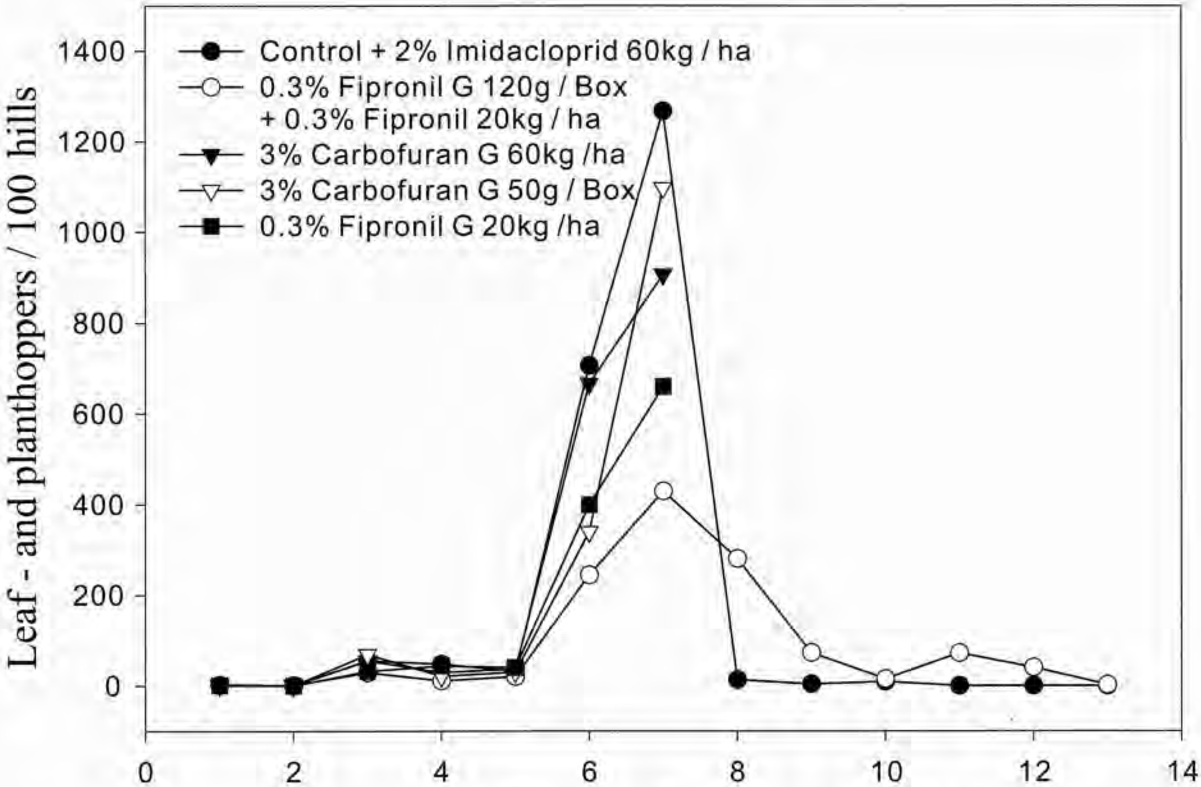
	1st cropping season						2nd cropping season					
Insect pest species	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Rice water weevil [2)]			—	—				—	—			
Rice stem borer			—	—	—						—	
Pink stem borer											—	
Smaller brown planthopper					—						—	
Green leafhoppers					—						—	
Zigzag leafhopper					—						—	
Brown phanthopper											—	
White backed planthopper								—	—	—		
Riceleaffoder							—	—		—		

1).The rice in the first and second cropping seasons are transplanted from the last ten days in January to the first ten days in February and form the last ten days in July to the first ten days in August, respectively.

2).The main infestation period of rice water weevil is based on the data collected in Taichung and Taoyung districts where the rice in the first and second cropping seasons are transplanted during the first ten days in March and during the first ten days in August, respectively.

然而在從事水稻害蟲綜合管理立場上，在面對多種害蟲情況下，除考慮主要害蟲外，並應同時考慮其他害蟲，如表一所列，在一期稻於水稻生育初期可遭受水稻水象鼻蟲及二化螟第一世代幼蟲的危害，其他飛蝨、葉蟬類及二化螟蟲第二世代幼

蟲之主要危害期（族群密度超過經濟危害基準）均在孕穗期以後；而在第二期稻，在水稻生育初期可能遭受水稻水象鼻蟲及早植稻之白背飛蝨與瘤野螟，與晚植稻之稻心蠅危害，而飛蝨、葉蟬類、二化螟、大螟及瘤野螟之主要危害期均在孕穗期及其以後期間。在此情況下，就經濟用藥立場，對早期害蟲，利用對天敵毒性較輕之粒劑育苗箱處理方式防治，可獲得良好防治效果；而對後期害蟲，則於孕穗中、後期選擇對飛蝨、葉蟬類及螟蟲類具防治作用的葯劑處理，也可望獲得有效抑制（圖一）。至於此兩次葯劑處理是否可再精減，則需視各地其他各種非農葯害蟲防治技術之配合情況及中、長程害蟲發生預測之可行性而定。



圖一、育苗箱葯劑處理及水面葯劑撒佈對第二期稻飛蝨及葉蟬類害蟲之防治效果。民雄鄉、嘉義，2002。（黃等未發表資料）

Fig 1. Nursery box insecticidal treatment and broadcast application of granular insecticide for control of rice leaf-and planthoppers in the second cropping season. Min-Shung, Chiayi, 2002. (Hung et al. unpublished data).

1-3耕作防治

稻田管理方式與害蟲族群密度及危害關係在國內外已有許多資料可稽，如前述三化螟、二化螟、黑尾葉蟬及斑飛蝨等均因耕作方式之改變，而明顯地導致該等害蟲的發生程度 (30,32,38,58,82) 。

水稻生育期中，施肥、灌水管理等與害蟲之發生密度之關係，已有許多文獻可查，並經由 Litsinger 作詳細的綜述 (102) 。一般而言，多肥、密植及持續保持灌溉水有利於多數水稻害蟲的發生；間歇排水乾燥，可明顯地抑制或降低害蟲的危害；多施氮肥非但可增加水稻的發育並提供害蟲良好的營養及棲息環境，而增進其族群之增長及危害；磷肥可促進根部之發育，多施有利於螟蟲之發生，而鉀肥可降低稻株含醣量及氨基酸，增加細胞壁的厚度及矽的吸收，對許多害蟲（螟蟲、飛蝨、葉蟬、瘤野螟及薊馬）之族群均具抑制作用；矽肥可增加對稻莖的硬度而增加對螟蟲的抵抗性。密植可提供較高之濕度及茂密的隱密場所，有利於飛蝨、葉蟬類、瘤野螟、黑椿象等害蟲的發生，但對螟蟲類則有不同的試驗結果。

表二、直播稻田水管理對害蟲族群之影響，民雄，1995

Table 2. Effect of water management on the insect pest populations in direct-seeding rice, 2nd cropping season, Min-Shung, Chiayi, 1995

Water management	Variety1)	The highest population density						
		BPH / 10 hills	WBPH / 20 swps2)	SBPH / 20 swps	GLH / 20 swps	ZLH / 20 swps	Injuried leaf by L F (%)	Infested stem by S B (%)
		1st cropping season						
Alternate flooding and draining	TN 69(R)	-	-	27	12	-	0.3	1.2
	TK 8 (S)	-	-	43	16	-	0.3	1.4
Continuous submargence	TK 8 (S)	-	-	142	41	-	1.3	3.2
		2nd cropping season						
Alternate flooding and draining	TN 69(R)	19.6	2	13	21	1	6.3	0
	TK 8(S)	34.2	1	19	23	1	6.9	0.14
Continuous submargence	TK 8(S)	143.0	16	94	160	17	12.0	0.13

1)R and S are used to indicate the rice varieties which are resistant and susceptible to the brown planthopper, respectively.

2)Swps: sweepings

表三、氮肥施用量對二化螟危害之影響，一期稻，溪口，2003
Table 3. Effect of nitrogen on stem borer incidence in rice, 1st cropping season, Chi-Kou, Chiayi, 2003

Nitrogen[1)] kg/ha	Dead-heart / 300hills		Whitehead / 300hills		Ear / hills		Yield (kg/ha)	
	TS-10	TN-67	TS-10	TN-67	TS-10	TN-67	TS-10	TN-67
180	13.2	16.1	13.0	11.0	29.5	31.5	7845	6545
90	12.4	13.4	19.5	5.5	26.0	25.5	6970	6115
45	9.9	11.1	11.5	3.0	14.5	17.5	6130	4800
0	10.4	8.5	7.5	5.0	10.5	14.0	5735	3630

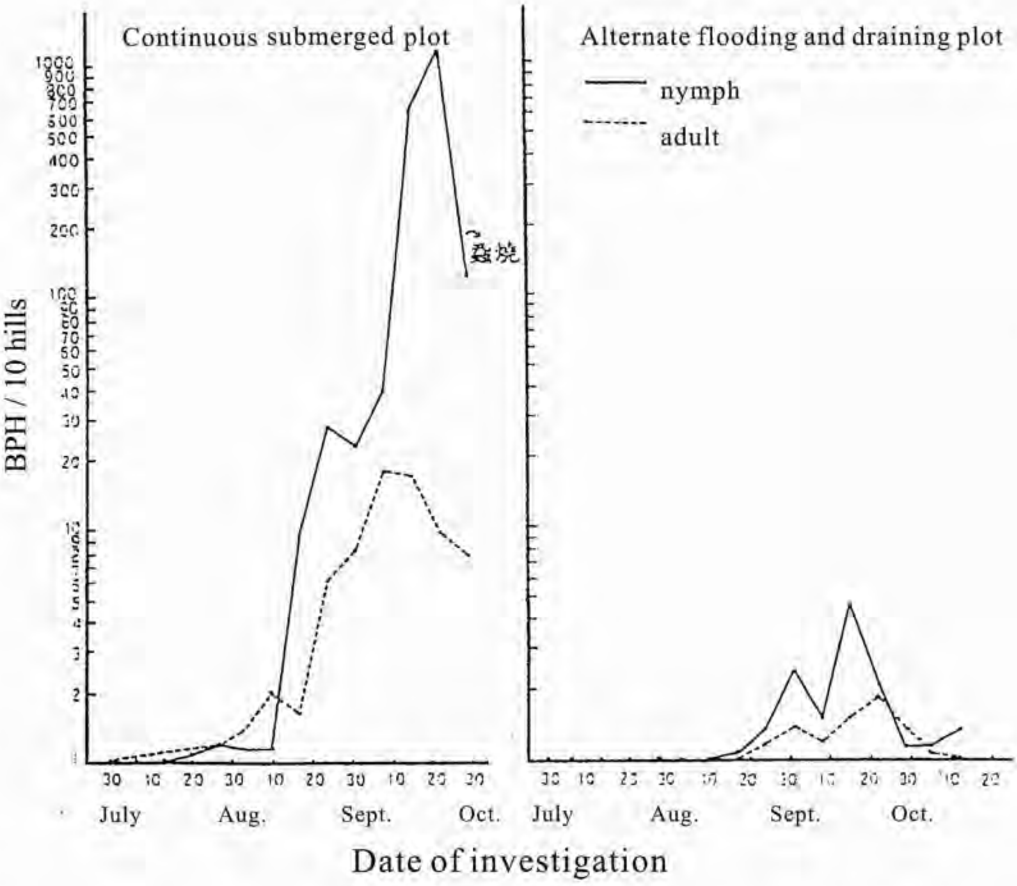
1).The fertilizer are applied during land preparation, and topdressing at initial tillering and panicle initation stages with one-third of total for each application.

依據筆者在直播稻試驗發現，在幼苗期即讓土壤自然乾燥至稍呈龜裂後再行間歇淺灌（ 1cm 左右），則葉蟬及飛蝨類遷入量顯著降低，並導致該類害蟲及二化螟與瘤野螟族群密度及危害明顯地低於長期灌水之栽培田（表二），其中尤以對褐飛蝨之影響最爲明顯（圖二）。另對水稻水象鼻蟲，在水稻分蘗盛期晒田 10 天可較灌水區降低其幼蟲之存活率達 70% 左右，並增加產量達 9.3 至 15%[(28)]。此外由初步試驗結果，亦可見二化螟之危害隨氮肥用量之增加而增高之趨勢（表三）。由此可見，灌水及施肥管理對害蟲（以及病害）之發生程度有很大的影響。如何調整灌排水與施肥管理，以降低害蟲及病害的平衡點，求取農民的最大收益，而追求非最高產量，則有待進一步探討。將來若能此一管理制度融入綜合防治體系，相信可明顯地緩和水稻病、害蟲的危害及降低使用農葯及肥料對生態環境的衝擊。

1-4抗蟲品種的利用

栽植抗蟲稻種可直接有效地抑制害蟲的族群增長及危害，並可與其他任何防治方法結合而不相悖，被視爲防治害蟲最經濟有效的一種方法。栽植抗蟲品種可減少或完全無需使用農葯而有利於天敵的立足與繁衍[(90)]。爲此，台灣於 1969 年即著手於水稻抗褐飛蝨等害蟲之研究， 30 餘年來已命名推廣之抗蟲稻種如表四所示，

第一個抗褐飛蝨品種嘉農秈 11 號於 1973 年與國際稻米研究所第一個抗褐飛蝨品種 IR26 同年命名 (74,95)，第一個抗褐飛蝨之稉稻台農 68 號於 1982 年命名 (34)，其後 1984 及 1985 年農試所及嘉義農業試驗分所再相繼命名台農 69 號及 70 號兩個稉稻抗蟲品種 (39,43)。截至 2003 年，台灣育成抗褐飛蝨稻種有秈稻 11 種，稉稻 6 種，糯稻 4 種（表四）。栽植抗蟲品種如台農 69 號、台稉 16 號、嘉農秈 12 、14 及 20 等高度抗蟲品種，褐飛蝨之危害可完全獲得抑制（圖三），其他屬於中等抗性品種如台農 70 及 72 號，台中秈 10 號等，每期作可減少 1-2 次施藥次數，隨褐飛蝨發生程度而異 (51,77)，顯示水稻抗蟲品種之育成對台灣水稻害蟲綜合防治深具意義。



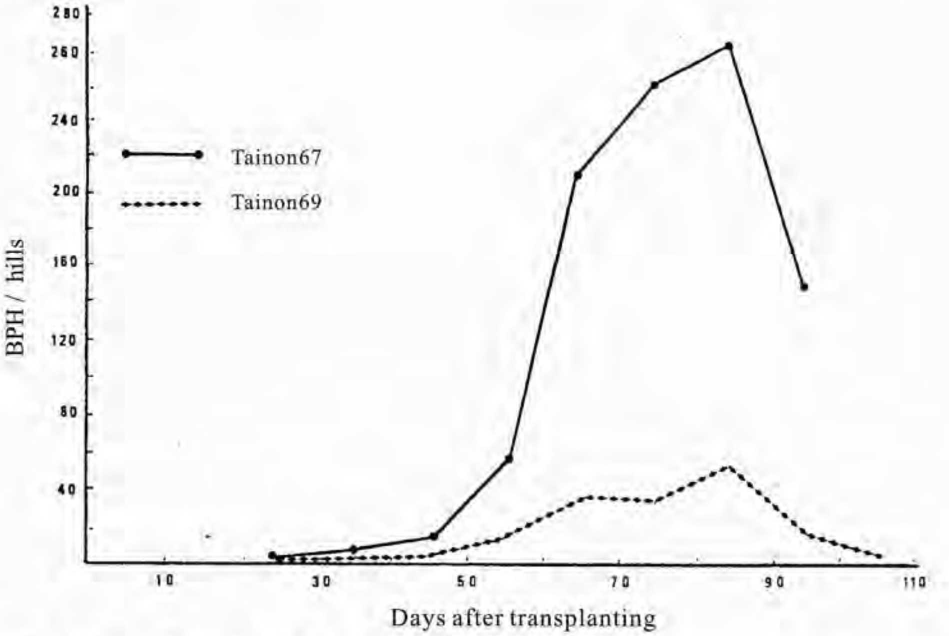
圖二、直播田淺灌晒田區及長期灌水區褐飛蝨族群之發生密度差異比較，二期 1993

Fig 2. Comparison between the populations of brown planthopper in the continuous submerged and alternate flooding and draining fields. Min-Shung, 2nd cropping season, 1993

表四、台灣育成水稻對褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨抵抗性品種

Table 4. Rice varieties which are resistance to brown planthopper, white-backed planthopper and smaller brown planthopper in Taiwan

Varieties	BPH	WBPH	SBPH	Varieties	BPH	WBPH	SBPH
TN 68	MR	S	S	TCS 3	S	MR	R
TN 69	R	R	MR	TCS 5	S	MR	R
TN 70	MR	MR	S	KSS 7	R	S	S
TN 72	R	S	R	TNS 12	R	-	R
TK 1	MR	-	-	TCS 10	MR	S	R
TK 2	MR	MR	S	TNS 15	S	S	MR
TK 5	MR	S	S	TCS 16	MR	R	R
TK 13	MR	S	S	TNS 14	R	MR	R
TK 16	R	R	R	TNS 18	R	MR	MR
TT 30	R	MR	S	TNS 19	R	MR	R
TNG 10	R	S	S	TCS 17	R	S	MR
KS 144	S	MR	S	TNS 20	R	S	R
TCS 2	S	S	MR	TS 1	MR	S	R
CNS 6	S	R	R	TS 2	MR	S	MR
CNS 8	S	MR	R	TNSG 2	R	S	MR
CNS 11	R	R	R	TCSG 1	R	MR	R



圖三、褐飛蝨在中等抗蟲及感蟲水稻品種之族群成長比較

Fig. 3. Comparison between the population of brown planthopper on resistant (Tainon 69) and susceptible (Tainon 67) varieties

除褐飛蝨外，水稻對黑尾葉蟬、二化螟、三化螟、瘤野螟、白背飛蝨及斑飛蝨等害蟲之抗性亦有篩檢工作 (18,24,37,48,61) 。至 1990 年代水稻育種工作對褐飛蝨、白背飛蝨、斑飛蝨及二化螟之抗性檢定併入其體系中，所有新育成之品系均需經過對上述四種害蟲之危害反應檢定，以供命名及推廣後害蟲管理之參考。

近年來，分子生物技術之進展一日千里，成功地發展組織培養及基因操縱技術，使以往受限之種間雜交及抗蟲基因之轉殖利用獲得突破性進展。在水稻抗蟲方面，利用胚拯救技術 (embryo rescue technique) 轉移野生稻之抗蟲基因至栽培稻已獲很大的突破 (5,90,100) 而轉殖外來基因如蘇力菌之毒蛋白基因於栽培稻亦獲很大進展 (85,86,94) 。在台灣，台農 69 號之抗蟲基因係源自 *Oryza rufipogon* 外 (39) ，最近農業試驗所亦成功地將 *O. officinalis* 及 *O. austrailiensis* 之抗褐飛蝨基因轉至台農 67 號 (李未發表資料) ；而嘉義農業試驗分所則將甘藷胰蛋白酵素抑制素基因 (SPTI) 及慈菇蛋白酵素抑制素基因 (API) 成功地轉殖至台農 67 號，顯示可降低瘤野螟幼蟲之取食葉面積達三分之二以上 (鄭等，未發表資料) 。類似之研究發展，相信對於水稻鱗翅目害蟲之抗蟲品種之培育有很大的幫助。

然而抗蟲品種之利用亦有其缺失，由同一抗蟲基因所支配之抗蟲品種大面積種植時，尤其是抗蟲性由單主效因子所控制者，經 2-3 年後，即可能因產生有害生理小種而崩潰 (41,50,78) 。此種因有害生物小種的產生而導致辛苦培育之抗褐飛蝨稻種崩潰現象，在東南亞地區已有許多報告，並已有詳細之綜述 (41) 。更糟的是由於褐飛蝨、白背飛蝨及瘤野螟等同屬長距離遷移性害蟲，在冬季繁殖區一旦生物小種產生變化，勢將擴及其遷移擴散區，而影響到廣大區域栽植同一抗蟲基因稻種的利用 (5) 。因此在利用抗蟲品種時需同時培育由不同抗蟲基因所支配之稻種，以因應新有害生物小種之產生。此外，由於各地區主要害蟲常隨耕作制度之改變而有變動，如在台灣褐飛蝨自 1985 年後之危害嚴重性已逐漸緩和，但瘤野螟及白背飛蝨之族群與危害卻逐年增加，似此如何廣集抗蟲基因，以備不時之需，有待有關人員繼續努力。

1-5天敵保育

稻田內捕食性及寄生性天敵頗為豐富，對害蟲之發生具有調節及抑制作用，是為眾所熟知的事項 (25,106) 。惟在田間，由於天敵之族群常落後於稻蟲之族群增長，俟天敵能有效地抑制害蟲族群時，水稻已然受害。因此天敵對害蟲之抑制效果常被

忽視，除非隔離天敵後比較有天敵及無天敵區害蟲族群之增長，才能發現其對害蟲發生之調節及抑制作用。最好的事例是在 1960 年代後使用廣效性合成殺蟲劑毒殺天敵後，引起害蟲產生再猖獗 (resurgence) 現象，而導致黑尾葉蟬及褐飛蝨之猖獗危害 (89,92,96)。此一現象亦屢在台灣發現 (26,52)。可見天敵在蟲害防治中扮演相當重要角色，只是常被忽略。

表五、捕食性天敵對飛蝨、葉蟬類族群之影響－盆栽接蟲試驗 1)，一期稻，2003

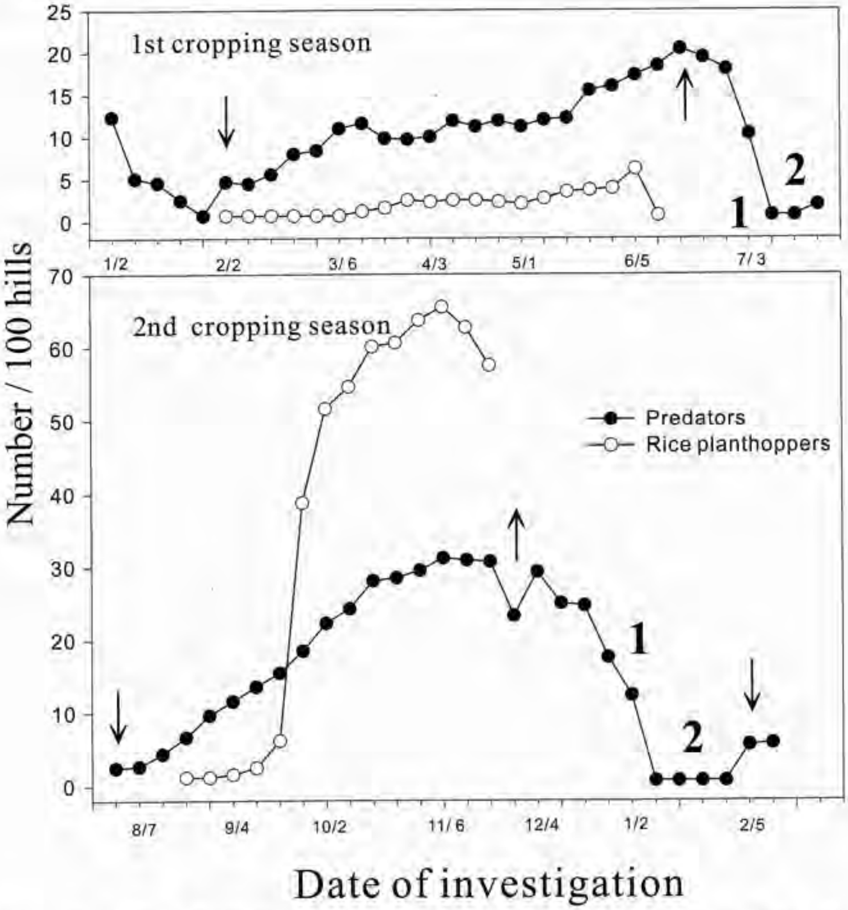
Table 5. Effect of *Lycosa pseudoannulata* and *Paederus fuscipes* on the population of rice leaf- and planthoppers – potted trial, 1st cropping season, 2003[1)]

Predator Species	Leaf-and plandhoppers/hill						
	BPH	WBPH	SBPH	GLH	ZLH	Total	Prey/day
Lycosa pseudoannulata	232.8 ± 518 (33.5)[2)]	56.8 ± 25.3 (50.7)	190.1 ± 59.6 (37.9)	59.0 ± 28.1 (43.3)	15.3 ± 11.2 (84.8)	554.0 (43.3)	9.4
Paederus fuscipes	119.9 ± 25.7 (65.7)	59.4 ± 31.5 (48.4)	97.6 ± 43.2 (68.1)	42.9 ± 10.3 (58.8)	34.2 ± 26.2 (66.1)	353.9 (63.7)	13.8
Control	350.0 ± 109.9	115.2 ± 34.4	306.2 ± 142.0	104.0 ± 33.3	100.8 ± 57.8	976.2	

1).One mated female predator is caged together with two pairs of leaf- and planthoppers eack species on a 50 day-old potted plant for 45 days in a wire-house. Nine potted plants for each treatment.
2).The figures inside parenthesis indicate reductive percentage of prey population.

在網室內，以 50 日齡盆栽稻，每盆（ 30 × 45cm ）稻同時罩入 1 隻六點狼蛛或青翅紋形隱翅蟲雌蟲及田間常見 5 種飛蝨、葉蟬類害蟲各兩對，經 45 天後，計數處理區及對照區之飛蝨及葉蟬蟲數，結果如表五，從表面上，隱翅蟲對害蟲總數之抑制效果大於六點狼蛛，總抑制率達 63.7% ，其中對於褐飛蝨、斑飛蝨及電光葉蟬之抑制率均達 65% 以上；對六點狼蛛而言，總抑制率亦達 43.3% ，其中對電光葉蟬之抑制率更高達 84.8% ，對其他種之抑制率亦達 30-50% 之間。由此可見天敵對害蟲之抑制效力。當然在田間，由於捕食性天敵多屬雜食性，在充滿其他害蟲及中性昆蟲的情況下，其對上述害蟲之抑制效力不可能達到上述效果。

在無藥劑處理稻田情況下，在 2002-2003 年調查顯示捕食性天敵數隨水稻發育而增長，於 5 月下旬水稻糊熟期族群密度達到最高，平均每叢稻達 2.5-5 隻（其中狼蛛約佔 12.3% ，隱翅蟲佔 14.1%），隨年度而異，其密度較每叢稻飛蝨密度之總合爲高，蟲 / 蛛比由 0.29-0.21 ；在二期稻，捕食性天敵最高密度發現於 11 月上旬水稻糊熟期中，每叢稻密度平均達 9.37 隻（狼蛛佔 18.5% ，隱翅蟲佔 21.0%），但飛蝨類之族群密度已高達每叢稻 40 餘隻，蟲 / 蛛比達 4.4(圖四），顯示在二期稻各種害蟲快速增長的過程中，天敵並無法有效地將害蟲抑制於經濟危害基準下。



圖四、第一、二期稻捕食性天敵（蜘蛛、隱翅蟲）與稻飛蝨類族 群消長，溪口，2002（圖中↓及↑表示水稻移植及收穫） 1. 表示乾田翻土； 2. 表示灌水、整田）

Fig. 4. Fluctuation of predators (*Lycosa pseudoannulata* and *Paederus fuscipes*) and rice planthoppers in the first and second cropping seasons, Chi-Kou, Chiayi, 2002 (The symbols ↓ and ↑ indicate transplanting and harvest of rice, respectively, while the arabic number of 1 and 2 indicate land preparation in dry and flooding conditions)

檢討天敵未能有效地抑制害蟲之主要因素在於水稻生育初期，當遷入害蟲密度尚低時，因捕食性天敵密度太低而無法有效降低遷入之蟲源所致。事實上，無論在一、二期稻整地前，於再生稻活動之捕食性天敵密度頗高（以狼蛛及隱翅蟲爲主，每百叢稻於 12 月 25 日翻土前調查仍高達 309 隻，而 6 月 26 日翻土前爲 312 隻），但經翻土、灌水、整地等操作，於插秧後第二週調查每百叢稻只有 33 及 16 隻，降低達 90-95%(鄭未發表資料)。此爲在稻田四週有土堤田埂可供部分天敵棲息的環境下所調查的結果。但在目前台灣許多稻田之田埂及溝渠水泥化，讓天敵在稻田灌水整田時，無處棲息，可能導致天敵更爲貧乏。似此水泥化田埂若能在其內側鋪層泥土，再與裸露田埂同樣地被覆一層抑草蓆，提供天敵棲息，則可顯著提高天敵之棲息數（表六）。有鑑於此，對於天敵之利用，除減少施葯次數，使用選擇性殺蟲劑外，構築棲地保育天敵，使其豐度足以在害蟲遷入稻田後之初期，即能有效地降低蟲源，可能爲今後應加努力的方向。

表六、田埂被覆抑草蓆對水稻害蟲天敵保育之效果，二期稻， 2002

Table 6. Effect of covering weeds-inhibitory sheet on the naked paddy levees on conservation of predators of rice insect pests. 2nd cropping season, 2002.

Obs. Date (month/day)	No. predators[1)] Conserved levees	Naked levees	Remark
6/14	16	6	Two days after harvest of rice
6/21	23	9	
6/28	36	18	
7/05	48	22	
7/12	18	12	Tyhoon, heavy rain and flooding over levees
7/19	83	26	Shower
7/26	106	33	Land preparation since July 23.
8/02	117	34	Rice transplanting on July 31
8/16	136	39	
8/23	147	38	
8/30	121	31	

1)Number of predators are counted from 9 sampling areas with 30 cm levee for a sampling. The predators recorded are mainly *Lycosa pseudoannulata* and *Paederus fuscipes*.

害蟲綜合管理之實施

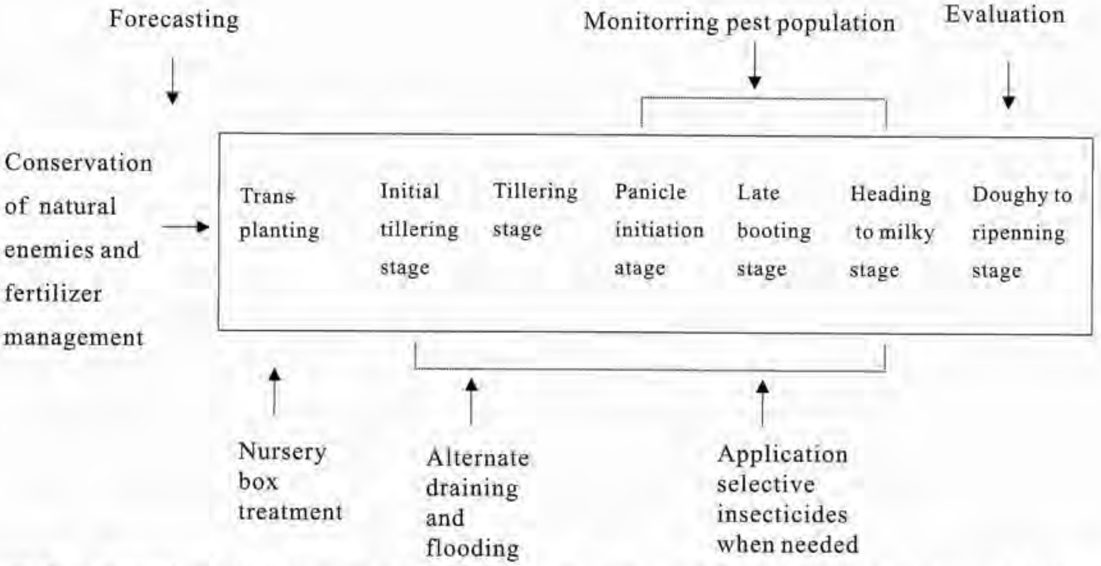
理論上，所謂害蟲綜合管理是使用兩種或兩種以上相互不矛盾的防治技術於一體，將害蟲之族群密度抑制於經濟危害基準以下(93,105)，其主要目的在於減少過度使用農葯對生態環境的衝擊(33)。由以往之研究顯示害蟲之成災主要受遷入稻田害蟲之族群豐度及其定棲後之增殖率兩因素所影響。無論是降低遷入之蟲源密度或增加害蟲增殖之生物或物理環境阻力，均可降低其成災的風險。從此可知，害蟲管理的體系之建立及實施並非一成不變，而是一種藝術，可視地區害蟲發生狀況，可利用資源、社會需求以及農民的接受程度等因素加以調整。在屬於小農制的台灣，且稻農以兼業性及老齡者居多，在能達到害蟲綜合管理的目標下，如何建立簡便而易爲農民接受的體系，是爲最高指導原則。在 1960 至 1980 年代褐飛蝨嚴重發生期間，鼓勵栽植抗褐飛蝨稻種，於孕穗末期施用選擇性或短效性葯劑防治於抽穗後爲害之害蟲，非但可使原來農民於二期稻需施葯 3-6 次減爲 1-2 次，增加純收益 3-5 ％ ，且明顯增加天敵的族群密度(62,77)。然而在 1990 年代褐飛蝨之發生量已漸趨下降，但白背飛蝨及瘤野螟發生危害卻逐年嚴重，由於此兩種害蟲均屬長距離遷移性害蟲，且其族群高峰可能出現於第二期稻之第一至第三世代，隨遷入期及遷入量而定(65,70)。在未能提供抗蟲稻種及準確的中、長期發生預測前，建議使用長效型選擇性葯劑育苗箱處理，以防治遷入蟲及其他水稻生育初期害蟲，如斑飛蝨及黑尾葉蟬等病毒病害之媒介昆蟲，稻心蠅、水稻水象鼻蟲、負泥蟲等，需要時於孕穗中、後期撒佈或噴佈一次殺蟲劑，可有效地抑制水稻抽穗後之害蟲於經濟危害基準之下（圖一），且對天敵族群並無明顯的影響。此種以葯劑爲主體的綜合防治策略，在目前已有選擇性殺蟲劑，如佈芬淨 (buprofezin) 、芬普尼（ fipronil ）及益達胺 (imidacloprid) 的情況下，視各地區害蟲發生狀況可與天敵之保育及耕作防治措施調和於同一體系，以增加害蟲增殖之阻力（圖五）。第二次葯劑處理是否需要，端視育苗箱處理是否能普及，農民對天敵保育與耕作防治之配合程度，以及中、短期預測之準確性等來決定。日後若有抗主要害蟲稻種之提供，則施葯次數即可進一步調降。

未來之展望

水稻是國人主要糧食作物，除維繫社會安定外，亦爲保持人文景觀、地下水涵養的重要作物；而害蟲管理是否得當將續爲影響其生產之穩定性及農民收益的重要

圖五、水稻害蟲綜合管理建議模式圖

Fig. 5. Proposed scheme for integrated management of rice insect pests in Taiwan



因素。然而由過去數十年來水稻害蟲之發生變動，可發現主要害蟲是隨地區生態環境耕作方式改變以及臨近國家，尤其是長距離遷移性害蟲之遷出地，如北越及華南地區之栽植稻種及害蟲管理狀況而變異[21,109,110]。因此各水稻栽培之害蟲發生種類及其族群之變動，需有專責單位從事長期、全面性之偵察與監控，廣集相關資訊研判，才能掌握先機制定防治策略。目前台灣雖已初見水稻害蟲綜合管理之雛形，但除部分抗蟲稻種爲農民所樂於栽培外，由於政府相關機構未積極介入教育、示範及推廣，致使大部農民仍以施用殺蟲葯劑防治爲主。

近年來，對於日益沒落的稻米產業，政府強調朝向高米質、低生產費用及生態保育等方向調整。在水稻害蟲管理方面，需朝向簡化管理策略，有益生物之保育及利用，以及降低管理費用方向研究。

在簡化管理策略方面，需以當地第一、二期稻可能影響水稻生產之整體有害生物爲對象，從耕作、生態、經濟面，釐定一簡便的操作程序，提供農民應用參考之依據。目前病、蟲、草及有害動物及影響該等有害生物之施肥與灌水管理各自站在各別立場釐定管理策略，常相互抵觸，使農民無所適從，宜從生態、經濟及社會需求面考量，調整釐定一套最有利的管理策略，方便農民接受，落實於田間操作。

在有益生物保育及利用方面，除選擇性農葯之應用，以及積極結合育種人員注重主要害蟲抗蟲稻種之培育與推廣栽植，以降低農葯之使用頻度外，如何改變目前的整地操作方式，並改善天敵之庇護棲地，以豐富天敵蟲源爲首要業務。由過去研

究顯示有 90% 以上之捕食性天敵於整田時被打入泥漿，若能降低殘留稻樁的長度在 1-2cm，於整地時先行灌水約 2-3cm 深，經 2 天後再行整地，讓天敵能逃離稻田而棲於田埂，必能提升其於早期遷入稻田之豐度而降低遷入之害蟲蟲源。在實施此措施，田埂棲地之構築相當重要，在無雜草之土堤田埂上可覆蓋抑草蓆提供庇護所，水泥田埂則可於田埂邊護層土後再覆蓋抑草席亦可發揮同樣效果。

此外，對於病、害蟲之發生預測，尤其是水稻移植前之中、長期發生預測之建立，可提供水稻生育初期及晚期是否需要防治之重要依據。另外各種害蟲之經濟危害基準，因防治成本及稻穀之市場價格變動以及社會對生態保育之重視，有需要隨時給予調整。

總之，建立一個較完善的害蟲管理系牽涉面頗廣，必需按生態區結合育種、栽培及植保人員協調合作才能完成，其後則有賴推廣人員對農民之教育訓練，示範推廣以及督導，才能落實於農民應用。這是一項必需靠團隊有計畫合作才能完成的工程，也是我們最缺失的一環。冀望今後能有效整合，並促其實施。

參考文獻

1. 王雪香。1979。稻桿蠅生態調查與藥劑防治試驗。pp.312-313, 民國六十六年度台灣省政府農林廳所屬各場所農業試驗工作報告。
2. 王朝輝、陳文雄。1973。稻桿蠅。pp.46-58，台灣水稻之害蟲（嚴奉琰編）。台灣大學植物病蟲害系昆蟲研究室編印，台北。
3. 方敏男。1972。台中區黑尾浮塵子抗藥性之初步試驗觀測。臺灣農業 8(4):105-114。
4. 平井一男。1998。稻害蟲管理の現狀と課題。植物防疫 52:107-110。
5. 平林秀介。2002。イネのウンカ類抵抗性遺傳子とその利用。植物防疫 50:483-487。
6. 古德業、王順成。1976。水稻黑尾葉蟬對常用殺蟲藥劑之抗藥性現狀研究。臺灣農業 12(4):99-109。
7. 古德業、王順成。1977。農藥混合使用對水稻主要害蟲之毒效研究（Ⅰ）殺蟲劑混合使用時對黑尾葉蟬及褐飛蝨之毒效影響。臺灣農業 13(2):84-98。
8. 古德業、王順成。1977。水稻褐飛蝨對常用殺蟲劑抗藥性現狀之研究。臺灣農業 13(4):9-18。
9. 古德業、王順成。1978。水稻黑尾葉蟬對常用藥劑之抗性現狀研究（Ⅱ）。植保會刊 20:21-32。

10. 古德業、辛竹英、王順成。1976。常用殺蟲劑對水稻褐飛蝨和黑尾葉蟬之抗藥性研究。臺灣農業 12(3):148-164。
11. 朱耀沂、鄭清煥。1996。台灣光復前水稻害蟲研究之沿革。植保會刊 38:79-98。
12. 朱耀沂、何琦琛、陳碧珠。1975。數種殺蟲劑對褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* (Stal) 浮塵子 (*Nephotettix cincticeps* Uhler) 及其捕食性天敵六點狼蛛 (*Lycosa pseudoannulata* Boes. et Str.) 之相對毒性。植保會刊 17:424-430。
13. 朱耀沂、林鼎翔、穆萃。1976。九種防治二化螟殺蟲藥劑對水稻害蟲及其捕食性天敵之相對毒性。植保會刊 18:369-376。
14. 何火樹、劉達修。1970。台中地區水稻二化螟蟲之生態研究。台灣農業 6(1):7-14。
15. 何火樹、劉達修。1971。水稻二化螟蟲發蛾盛期之推定。台灣農業 7(4):77-84。
16. 那波邦彥。1991。近年におけるセジロウンカの多發傾向と增殖パターン。植物防疫 45:41-45。
17. 林幼華。1978。本省褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* Stal) 對 MIPC 及 MTMC 抗藥性之研究。國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文 pp.46。
18. 林再發。1971。水稻品種對二化螟蟲抵抗性之研究。台灣農業 7(4):163-170。
19. 林燦隆、劉達修。1984。水稻田四種昆蟲之自我迴歸整數差分移動平均 (ARIMA) 模式。植保會刊 26:121-134。
20. 林燦隆、劉達修、陳秋蘭。1986。水稻田四種昆蟲族群密度預測模式。植保會刊 28:289-312。
21. 胡國文、唐健、湯金儀。1992。中國におけるセジロウンカの發生現狀。植物防疫 46:219-222。
22. 易希陶。1963。稻作害蟲。pp.2-42，經濟昆蟲學。國立編譯館出版。
23. 邱人璋。1971。水稻黃葉病。pp.155-178，稻作病害（邱人璋編）。中國農村復興聯合委員會刊印，台北。
24. 邱明德。1971。水稻品種對二化螟蟲感受性初步觀察。植保會刊 13:121-126。
25. 邱瑞珍。1978。水稻偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之天敵。pp.47-82，水稻病蟲害：生態與流行學（邱人璋編）。中國農村復興聯合委員會刊印，台北。
26. 邱瑞珍、鄭清煥。1976。防治稻蟲藥劑對稻飛蝨葉蟬類捕食性天數之毒性。植保會刊 18:254-260。
27. 洪汝煌、田春門。1973。台灣稻作病蟲害之發生與防治適期研究。台灣農業 9

(1):68-120。

28. 施錫彬。1996。台灣水稻水象鼻蟲防治技術之改進。桃園區農改場研究報告 19:35-43。

29. 施錫彬。1996。桃園地區水稻水象鼻蟲之遷移及危害評估研究。桃園區農改場研究報告 27:31-41。

30. 陶家驊。1966。台灣三化螟及二化螟害蟲問題。科學農業 14(9-10):273-288。

31. 陶家驊。1966。台灣二化螟發生猖獗誘因之研究。植保會刊 8(4):173-202。

32. 陶家驊。1966。水稻害蟲。pp.285-302，臺灣植物保護工作：昆蟲篇 (1940-1965), 335pp。

33. 深谷昌次、桐谷圭治。1977。總合防除。株式會社講談社出版，東京、日本。

34. 張萬來。1982。水稻台農 68 號。豐年 32(22):37-38。

35. 陳啓吉。1998。台中地區稻心蠅發生與產量損失調查。民國八十七年度台灣省政府農林廳所屬各場所試驗研究計畫上半年度執行報告。台中區農業改良場應用動物小組 p.6。

36. 陳慶忠。1978。水稻黃萎病之流行學。pp.139-166，水稻病蟲害：生態學與流行學（邱人璋編），中國農村復興聯合委員會出刊印，台北。

37. 陳慶忠、王玉沙。1978。臺灣中部稻縱捲葉蟲生活史及水稻品種抵抗性調查。臺中區農業改良場研究彙報 2:59-70。

38. 陳慶忠、柯文華。1989。台灣水稻縞葉枯病流行學研究。植保學會刊 31:290-303。

39. 黃眞生、卜瑞雄、陳正昌、鄭清渙。1985。水稻台農 69 號之育成。中華農業研究 34:125-134。

40. 寒川一成。1992。イネウンカの發生生態にかかわる最近の問題。植物防疫 46:183-186。

41. 寒川一成。1993。トビイロウンカのバイオタイプ變異とモンスーン移動個體群の移出源の推定。植物防疫 47:256-260。

42. 農林廳。1985。台灣省水稻病蟲害發生預測 1966-1984。台灣省政府農林廳出版。

43. 楊遜謙、張萬來。1985。水稻品種台農 70 號之育成。稻新品系登記命名資料（油印本）

44. 劉清和。1977。負泥蟲之發生及其防治。pp.26-29，主要稻作與糧食害蟲，台灣植物保護中心，台中。

45. 劉清和。1981。水稻負泥蟲防除技術改進試驗。植保會刊 23(3):179-186。

46. 劉達修。 1977 。二化螟蟲對水稻之為害觀察。科學發展月刊 5(3):185-188 。
47. 鄭清煥。 1966 。水稻品種對三化螟蟲抵抗性之初步觀察(一)。植保會刊 8:54-62 。
48. 鄭清煥。 1970 。水稻品種對三種黑尾葉蟬之交叉抵抗性研究。國科會研究彙刊 1:237-279 。
49. 鄭清煥。 1973 。水稻品種對褐飛蝨之抵抗性研究。中正科學技術研究講座計畫總報告。油印本 91pp 。
50. 鄭清煥。 1975 。褐飛蝨之新生物小種及其與抗蟲品種間之相互作用。台灣省農試所研究彙報 32:29-41 。
51. 鄭清煥。 1976 。新育成抵抗褐飛蝨水稻品種(系)室內抗蟲反應及田間表現。中華農業研究 25(4):259-268 。
52. 鄭清煥。 1978 。水稻褐飛蝨之防治。 pp.95-112 ,昆蟲生態與防治(蘇仲卿等合編),中央研究院五十週年院慶學術研討會專輯,中央研究院動物研究所刊行,專刊第三號。
53. 鄭清煥。 1978 。水稻褐飛蝨的經濟危害水平之研究, I 在褐飛蝨各棲群密度施藥防治對稻穀收量及收益之影響。中華農業研究 27:229-236 。
54. 鄭清煥。 1978 。台灣一、二期作稻蟲害發生情形及其對產量之影響。 pp.191-205 ,台灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專輯(謝順景及劉大江編)、行政院國家科學委員會出版。
55. 鄭清煥。 1979 。水稻褐飛蝨的經濟為害水平之研究, II 褐飛蝨棲群密度與水稻產量損失之關係。科學發展月刊 7:1103-1114 。
56. 鄭清煥。 1980 。第一期稻作黑尾葉蟬棲群成長型式及其直接為害經濟防治適期之研究。興大昆蟲學報 15:133-144 。
57. 鄭清煥。 1984 。稻心蠅為害取樣調查方法及危害損失評估。 pp.44-55 ,行政院農業委員會重點研究計畫七十三年度試驗研究報告“病蟲害與作物損失及取樣調查”,台灣省農業試驗所嘉義分所編印。
58. 鄭清煥。 1986 。台灣稻作害蟲與防治。 pp.195-218 ,四十年來台灣地區稻作生產改進專輯,黃正華先生農學獎學金基金會出版,台中。
59. 鄭清煥。 1987 。嘉南地區瘤野螟之生態觀察。植保會刊 29:135-146 。
60. 鄭清煥。 1990 。嘉南地區褐飛蝨族群動態及其發生預測之研究。中華昆蟲 10:1-26 。
61. 鄭清煥。 1991 。台灣作物抗蟲育種之研究與發展。 pp.99-126 ,近年來台灣昆蟲學之研究發展研討會專刊,中華昆蟲特刊第七號。

62. 鄭清煥。1995。水稻害蟲之綜合防治。pp.166-178，永續農業研究及推廣研討會專輯（林俊義、洪梅珠編），中華永續農業協會編印。
63. 鄭清煥、盧瑞良。1990。褐飛蝨及白背蝨由海外遷入嘉南地區之偵測及其氣象條件。中華昆蟲 10:301-324。
64. 鄭清煥、朱耀沂。1999。台灣光復後水稻害蟲之發生演變及防治研究之回顧。植保會刊 41:9-34。
65. 鄭清煥、吳昇晉。1999。水稻瘤野螟族群動態與預測。植保會刊 45:199-213。
66. 鄭清煥。2000。應用性費洛蒙於水稻二化螟蛾族群之發生偵測與預測。植保會刊 42:201-212。
67. 鄭清煥。2000。一期稻二化螟之危害及其與性費洛蒙誘蛾數之相關研究。植保會刊 43:17-28。
68. 鄭清煥。2000。害蟲管理之經濟學。pp.105-130，應用昆蟲學（王與吳編），國立台灣大學昆蟲系出版。
69. 鄭清煥。2003a。水稻斑飛蝨之族群動態及發生預測。植保會刊 45:17-33。
70. 鄭清煥。2003b。水稻白背飛蝨之族群動態及發生預測。植保會刊 46(投稿中)。
71. 顏福成。1981。水稻縱捲葉蟲之發生及防治適期研究。臺南區農業改良場研究彙報 15:81-93。
72. 簡錦忠。1978。台灣一、二期作稻病害發生情形及其對產量之影響。pp.，台灣第二期稻低產原因及解決方法研討會專輯（謝順景與劉大江編），行政院科學委員會出版。
73. Bautista, R. C., E. A. Heinrichs and R. S. Rejesus. 1984. Economic injury levels for the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera:Pyralidae): insect infestation and artificial removal. Environ. Entomol. 13:439-443.
74. Chang, W. L. and C. H. Cheng. 1974. Sources of resistance and breeding rice for resistance to brown planthopper and bacterial leaf blight. Paper presented at IRRC, April 22-25,1994. 14 pp.(Mimeograph).
75. Chen, C. N. and C. C. Cheng. 1978. The population levels of *Nilaparvata lugens* (Stal) in relation to the yield loss of rice. Plant. Prot. Bull. 20:197-209。
76. Cheng, C. H. 1981. Chemical control of the brown planthopper with special reference to its population dynamics. Chinese J. Entomol. 1:73-103.
77. Cheng, C. H. 1984. Studies on integrated control of brown planthoppers, *Nilaparvata lugens* (Stal) in Taiwan. Chinese J. Entomol. 4:149-167.

78. Cheng, C. H. 1985. Interactions between biotypes of brown planthopper and rice varieties. J. Agric. Res. China 34:299-314.

79. Cheng, C. H. and W. L. Chang. 1979. Studies on varietal resistance to brown planthopper in Taiwan. pp. 251-271, Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, IRRI, Los-Banos, Philippines. 369pp.

80. Chiu, R. J., T.C. Lo., C. L. Pi and M.H. Chen. 1964. Transitory yellowing of rice and its transmission by the leafhopper *Nephotettix apicalis* (Motsch.) . Bot. Bull. Acad. Sinica 6:1-8.

81. Chelliah S. and M. Bharathi. 1994. Insecticides management in rice. pp. 657-679, Biology and management of rice insects (Heinrichs, E. A. ed.), IRRI, Los-Banos, Philipines.

82. Chiu, M. T., Y. C. Chiu, and Y. L. Wu. 1986. Studies on the epidemiology of and varietal resistance to rice stripe disease. J. Agric. Assoc. China 135: 56-61.

83. Chatterjee, P. B. 1979. Rice leaffolder attacks in India, Intl. Rice Res. Newsl. 4(3):21.

84. Chang, Y. D., Y. H. Song and S. Y. Choi. 1979. Effects of insecticide application on the population of the paddy rice insect pests and their natural enemies (I) Selective toxicity of insecticides for brown planthopper, *Nilaparvata lugens* and predaceous paddy spider *Pirata subpiraticus*. Korean J. Plant Prot. 18(4):149-152.

85. Duan, L. L., X. G. Li, Q. Z. Xue, M. Abo-El-Saad, D. P. Xu and R. Wu. 1996. Transgenic rice plants harboring an introduced potato proteinase inhibitor II gene are insect resistant. N. Biotech. 14:494-498.

86. Fuzimoto, H., K. Itoh, M. Yamamoto, J. Kyozuka and K. Shimamoto. 1993. Insect resistant rice generated by introduction of a modified-δ-endotoxin gene of *Bacillus thunngiensis*. Bio/Technology 11:1151-1155.

87. Goh, H. G. 1997. Migration and population growth of the brown planthopper and its biotype status in Korea. pp.94-112, Proc. China-Japan Join workshop on "Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia". CNRRI, Hangzhou, China.

88. Hirao, J. 1982. Ecology and chemical control of the rice leafroller. Japan Pesticide Inform. 41:14-17.

89. Heinrichs, E. A., W. H. Reissig, S. Valencia and S. Chelliah. 1982. Rates and effect of resurgence-inducing insecticides on population of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and its predators. Environ. Entomol .11: 1269-1273.

90. Heinrichs, E. A. 1994. Host plant resistance. pp.517-547, Biology and management of rice insects (Heinrichs, E. A. ed.). IRRI, Los-Banos, Philippines.

91. Heinrichs. E. A., R. P. Basilio and S. L. Velencia. 1984. Buprofezin, a selective insecticide for management of rice planthopper (Homoptera: Delphacidae) and leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). Environ. Entomol. 13:515-521.

92. Heinrichs, E. A., G. B. Aquino, S. Chelliah, S. L. Valencia and W. H. Reissig. 1982. Resurgence of *Nilaparvata lugens* (Stal) population as influenced by method and timing of insecticide application in lowland rice. Environ. Entomol. 11:78-84.

93. Headley, J. C. 1972. Economics of pest control. pp. 180-187, Implementing practical pest management strategies. Proc. of a national extension workshop. Purdue Univ., Indiana, USA.

94. IRRI. 1994. Transgenic indica rice plants containing the soybean kunitz trypsin inhibitor gene. pp.159-160. Program Rep. for 1994. IRRI. Los-Banos Philippines.

95. IRRI. 1974. New variety. p.144, The International Rice Research Institute Annual Report for 1973. IRRI, Los-Banos, Philippines.

96. Kobayashi, T. 1961. The effect of insecticide application to the rice stem borer on the leafhopper population. Special rept. on pest forecasting No.6, 126pp.

97. Kiritani, K. and K. Naba, 1994. Development and implementation of rice IPM in Japan. pp. 713-731, Biology and management of rice insects (Heinrichs, E. A. ed.). IRRI. Los-Banos, Philippines.

98. Kobayashi, S. 1992. Assesment of rice yield loss due to the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kushel (Coleoptera: Curculionidae) in Japan. pp.183-190, Intern. Workshop on "Establishment, spread and management of the rice water weevil and migratory rice insect pests in east Asia.

NARC, Tohoku NAES Japan and ASI Korea.

99. Kao, M. L., M. Y. Liu and C. N. Sun. 1981. Green rice leafhopper resistance to malathion, methyl parathion, carbaryl, permethrin and fenvalerate in Taiwan. Intl. Rice Res. Newsl 6(5): 19.

100. Khush, G. S. and K. K. Jena. 1986. Capabilities and limitation of conventional breeding and the role of distant hybridization. In workshop on biotechnology for crop improvement potentials and limitation. IRRI, Los-Banos, Philippines.

101. Tang, J. and J. Wang. 1997. Forecasting and control of rice insect pests and their population trends in China. pp.1-11, Proc. China-Japan Joint workshop on " Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia". CNRRI, Hangzhou, China.

102. Litsinger, J. A. 1994. Cultural, mechanical and physical control of rice insects. pp.549-584. Biology and management of rice insects (Heinrichs, E. A. ed.). IRRI. Los-Banos, Philipines.

103. Liu, G. 1997. Summary and discussion on IPM aspects with special emphasis of practical significance of varietal resistance in rice in China. pp. 210-216, Proc. China-Japan Join workshop on "Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia". CNRRI, Hangzhou, China.

104. Miyashita, K. 1963. Outbreaks and population fluctuations of insects, with special reference to agricultural insect pests in Japan. Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Ser. C. 15:99-170.

105. National Academy of Sciences. 1969. Insect pest management and control. Publ. 1695 Washington D. C. 508pp.

106. Ooi P. A. C. and B. M. Shepard. 1994. Predators and parasitoids of rice insect pests. pp. 585-612, Biology and management of rice insects (Heinrichs, E. A. ed.). IRRI, Los-Banos, Philippines.

107. Painter, R. H. 1958. Resistance of plant to insect. Ann. Rev. Entomol. 3:267-290.

108. Wada, T. and M. Kobayashi. 1991. Life history of the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* in Japan - Invasion, population explosion and dispersal. pp. 61-70, Migration and dispersal of agricultural insects. Nat. Inst. Agroenvironm. Sci. Tsukuba, Japan.

109. Xuyen, T. T. 1997. Ecology and IPM of the brown planthopper on rice crop in the red river delta. pp. 124-149, "Migration and management of insect pests of rice in monsoon Asia". CNRRI. P.R.C.

110. Zhang, X.X. 1991. Migration of rice leafroller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee in China. P.41-50, Migration and dispersal of agricultural insects. Nat. Inst. Agro-Environ. Sci. Tsukuba, Japan.

ABSTRACT

Cheng, C. H. 2003. Review and Prospects of Integrated Management of Rice Insects in Taiwan. p.11-38. *in*: Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan.

(Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, R.O.C.)

Insect pest is one of important limitative factor to rice production in Taiwan. This paper reviews the change of rice insect pest status and basing on the ecological characteristics and economic threshold of pests to develop IPM systems in Taiwan during past 30 years. Basically, it was observed that the infestation of rice insect pest could be successfully suppressed either by reducing the initial population with cultural practices and / or enhancing the biological and physical resistance of the pests to reduce their growth rate after they invaded paddy fields. In the years of 1960 to 1980, the brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* was a most destructive insect pest, the BPH resistant varieties combination with judicious application of selective or shorter effective insecticides at the booting stage of rice was suggested for controlling the rice insect pests after heading stage. Lately, the damage caused by BPH reduced greatly due to lower immigration, while the infestation caused by the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* and white backed planthopper, *Sogatella fucifera* increased remarkably. These two species as well as some other species of insect pests, such as whorl maggot, *Hydrellia philippina* and rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* infested severely on rice in early stage of rice sporadically. In this case, the nursery tray treatment was recommended for control of the initial insect pests, and the need of latter application at the booting state of rice was determined by the treated area of the nursery-tray treatment and the supporting levels of water and fertilizer management by farmers. It was obviously that an primary developed IPM system in rice was gradually accepted by farmers and implemented in their paddy fields. Further improvement of IPM system in rice is needed urgently. However, the developed system should be simple, effective and practicable to farmers, and that only

can be achieved through a close cooperation with the rice breeder culturist, pathologist and the technological extension rpecialists in consideration from ecological social economics, and cultural practical aspects. In other words, the developed IPM system should be tailored to fit Taiwanese conditions and it should be easily to be fused into local rice cultivated system.

(Key words : Rice insect pests, integrated management, economic threshold, control strategy)

臺灣水稻病害之綜合管理

張義璋
臺中縣 行政院農業委員會農業試驗所植病組
ycchang.cf@msa.hinet.net

摘 要

文獻記載臺灣稻作及稻米共有 75 種病害，常見的稻作病害有 16 種。水稻病害依照病原生態、感染及傳播速率，可分為風土病及流行病兩大類。瞭解病害發生之生態，有利於病害之管理。水稻病害之綜合管理，包括選種稻抗病品種、栽培管理及藥劑防治三大項。稻抗病品種推出後，病原菌會產生新生理小種，致使抗病品種罹病化，區域性稻品種多樣化可降低病害之大流行。栽培管理工作，包括稻種處理、育苗、整地、灌排水、行株距、施肥及田間衛生等均需相互對應。瞭解發病生態可掌握藥劑防治適機。風土病每年甚至每期稻作都會發生的病害，可依據稻生育期決定防治時機。流行病則受氣候影響，要留意病害發生預測，掌握發病初期的防治措施。

臺灣水稻病害發生概況

臺灣地處亞熱帶，高溫多濕的海島型氣候，很適合各種稻作病原之繁殖及為害。文獻記載臺灣稻作及稻米共有 75 種病害，其中包含不同病原引起同一病害如秧苗立枯病，或同一病原引起不同病害。臺灣水稻每年因病害的損失，據估計約 6%之譜。稻作病害防治與土地、耕種技術及品種等改良工作，具同等重要性 [32,53,54]。

臺灣水稻病害之種類，有源自日據時期就有記載的老病害，包括稻熱病、徒長病、小粒菌核病、紋枯病、胡麻葉枯病、葉鞘腐敗病及稻麴病等。其中，稻熱病為存在已久的老流行病，本病曾數次嚴重發生驚動各界。據家父告知， 1923 年即日本裕仁太子來臺旅行當年，臺灣第一期稻作發生嚴重稻熱病，第二期作又發生大旱災，造成全世界稻米大減產。 1899 年日本政府將日本型稻種引進臺灣試種，初期只適合高冷地栽種，至 1922 年改善育苗技術而克服種植日本型稻的困難，平地種

植日本型稻的面積自 1923 年起迅速擴大，隨之在 1926 年日本型稻種發生嚴重稻熱病，造成幾無收量的損失，因而開啓臺灣稻熱病抗病育種的契機。而後， 1966 年葉稻熱病及穗稻熱病發病面積均達 7 萬公頃，各佔栽培面積二成一，當年抗稻熱病品種臺南五號適時推出，深受好評 [32] 。

因水稻新品種育成推廣，栽培管理方式改變、耕作制度更替或氣象異常等，均會改變病原所承受的環境壓力，而改變病害種類。 1960 年第二期作屏東地區發生原因不明的病害，最初以爲係土壤氧化電位低落所引起之生理性窒息病，後經邱人璋教授研究證實本病經由葉蟬媒介傳播，爲未曾被記錄之新病毒病害，將之命名爲水稻黃葉病 (Transitory yellowing) ，近年來積極防除媒介昆蟲，而能抑制本病之危害 [16] 。其它台灣新記錄病害， 1971 年第一期稻作的箱育秧苗立枯病，因能迅速找出防治方法，插秧機械化才能順利推行 [70,71] 。 1974 年第二期稻作，在嘉南及南投地區，栽培長粒型秈稻品種嘉農秈選 8 號及嘉農秈 11 號時，發生急性萎凋型白葉枯病 (Kresek)[83] ，其後可能因氣候環境因素，不再發生此型病害。 1976 年台南縣發生嚴重水稻不稔症，後經研究發現係由稻細蟎與葉鞘腐敗病菌複合感染 [68,80,81,82] ，往後在乾燥氣候環境下，也常見到本病，只是罹病程度輕重有別而已。 1982 年第二期作，中南部水稻發生細菌性穀枯病 (Bacterial Grain Rot of Rice) ，經過各地調查發現本病在中南部經常發生 [72,75] 。 1997 年第二期作，中部台中秈 10 號水稻發生淡黃化型白葉枯病，而後各地陸續發現，本型病害主要發生在白葉枯病極感病稻品種。

台灣水稻病害之發生，除受稻品種、栽培管理及氣象因子等影響，各地區因土壤質地與肥力差異，病害種類及發病程度亦會有所不同。整體來看病害的變遷，有經常會發生的風土病，如紋枯病、胡麻葉枯病、徒長病及線蟲白尖病等屬於全面性的。例如水稻紋枯病發生面積，依據統計報告， 1963 至 1991 年期間第一期作平均發病面積率爲 15.8 %，第二期作爲 16.7 %，稻紋枯病已儼然成爲本省稻作之重要風土病。其他屬於地區性的風土病有：葉鞘腐敗病、褐條葉枯病、稻麴病、穗枯病、赤色菌核病及褐色菌核病等菌核病。病毒病害及近似病害之發生，受栽培管理、田間衛生之影響比較大。除風土病外，台灣有稻熱病及白葉枯病二大流行病，當遇上適合發病之流行年，常引起重大的災害損失。稻熱病在第一期作較嚴重，據統計報告， 1966 至 1988 年共 23 年期間，第一期作平均葉稻熱病發生面積 34,269 公頃，穗稻熱病 26,400 公頃。近年來稻白葉枯病已逐漸普遍且日益嚴重，其破壞性已有凌駕稻熱病之勢，爲臺灣地區稻作主要流行病害之一。依據農林廳報告， 1980 年以前，第一期作甚少發病；第二期作亦僅 1968 、 1970 、 1975 及 1977 年等發病面積達一萬公頃以上，未超過二萬公頃。 1981 年後，每年第二期作發病面積均在

一萬五千公頃以上，其中 1985 、 1989 及 1994 年等均高達四萬公頃以上，頗爲嚴重；第一期作也常有發生，如 1989 、 1990 及 1992 年的一期稻作，發病面積均達一萬公頃以上。是知本病害不論一期作或二期作，對臺灣稻作已造成相當程度的威脅，並嚴重地影響水稻米質及產量 (53,54,55) 。

臺灣水稻主要病害之生態

水稻病害依照病原生態、感染及傳播速率，可分爲風土病及流行病兩大類。兩大類病害中，各病害的生態亦有所不同。吾人想要做好水稻病害之綜合管理，務必先瞭解主要病害之生態特性。再依歷史經驗，就各地區之常發生或易發生之病害，做管理重點。臺灣水稻主要病害生態之整理資料簡述如下。

一、稻熱病(blast)

稻熱病菌在田間以無性世代存在，常以菌絲殘存在病組織中，罹病稻穀及稻草都是第一次感染源。遇到適合本菌生長的高濕環境，殘存的菌絲細胞活化長出新菌絲。新菌絲上形成分生孢子，成熟孢子彈離分生孢子梗，散佈在空氣中，藉著氣流迅速傳播。

有關稻熱病菌的菌絲生長及產孢的溫度，世界各地的研究報告有很大差異，除地域性差異外，菌株間也有所不同。溫度 8(9)-37°C範圍內，稻熱病菌的菌絲均可生長，最適菌絲生長之溫度爲 28 °C。本菌之產孢溫度範圍爲 10(15)-35 °C，最適溫度爲 28 °C。雖然 28 °C最適合產孢，但經過 9 天後產孢量下降。相對的，本菌在 16 、 20 及 24 °C環境下，產孢量有增加的趨勢，這種趨勢可延續 15 天之久 (10,33,85) 。

稻熱病菌分生孢子發芽時，需要水膜及幾近飽和的相對濕度。溫度 20-32°C及高濕度環境下，分生孢子掉落在稻體後 3 小時，孢子發芽率高達 80 % 以上。分生孢子發芽產生發芽管，發芽管先端形成附著器 (appressorium) ，形成附著器之溫度範圍爲 12-36 °C之間，而以 16-24 °C最適合。附著器會緊密附著於表皮，再產生侵入釘穿入組織中，溫度 20-28 °C範圍內，最適宜稻熱病菌的侵入，部分孢子從掉落稻體到完成侵入只需 6 小時 (10,33,44,69,79,85) 。

稻熱病菌侵入組織後，以菌絲體在稻組織中生長蔓延，菌絲吸取稻組織的養分繁殖。經 2-3 日的時間，菌絲體開始形成分生孢子梗，並由稻表皮組織伸出，分生孢子梗生長 4 小時後，開始產生分生孢子，孢子經 50-90 分鐘成熟，成熟孢子脫離孢子梗爲田間第二次感染源。利用人工接種，發現稻熱病菌孢子從感染稻組織到再形成分生孢子，所需時間約 4-5 日。稻熱病菌感染水稻的週期短，病斑上的孢子多，病菌的散佈很快，所以容易成爲流行病 (10,33,85) 。

不同時期栽種的水稻，因為生長期間氣候不同，稻株對稻熱病的抗病力就會不同，低溫、日照不足或氣溫高低不定，會降低水稻的抗病力，例如生長於 20 °C之水稻比生長於 24-30 °C者感病。另一方面，水溫較氣溫高時，稻株較感病 (10,33,85)。

栽培管理方式不同也是影響稻熱病發生的主要原因，氮肥過多稻株比較感病，前期作種植蔬菜或菸草，殘留肥料多，水稻較感病，鉀肥多較抗病。乾旱後遇雨促使稻株大量吸收氮肥，使稻葉呈現濃綠，對稻熱病較感病。水稻密植，稻株間的微氣候屬於高濕，尤其露期較長，也比較容易發生稻熱病 (10,33,85)。

綜合氣象因子對稻熱病菌及水稻之影響。稻熱病菌感染水稻及產孢，需要有水膜及幾近飽和之相對濕度，所以小雨或重露有利發病。山區因霧氣重、濕度高，比開闊地區易發生稻熱病。最適病菌生長及產孢的溫度為 28 °C， 16-24 °C可加長產孢期間，低溫及溫度高低不定，會降低稻株抗病力，所以本省梅雨期早來易發生葉稻熱病。水稻分櫱盛期後，稻株對葉稻熱病抗性增加，梅雨期晚來時，稻株對葉稻熱病已有抗病力，則較易發生穗稻熱病 (10,33,85)。

二、稻紋枯病(Sheath blight)

由紋枯病菌生態學研究結果，發現其初次感染源 (Primary inoculum) 為菌核，二次感染源 (Secondary inoculum) 則以菌絲為主。吉村曾報告，推測有性世代之擔孢子可為二次感染源，但尚未見試驗證明 (2,4,6,7,9,15,35,85)。

杜及張報告，目前耕作方式下，植稻期間田水中菌核之漂浮量，以整田後至插秧期間最多，菌核在稻田水面之分布受風向及風速影響最大，灌溉水次之，例如第一期作初期，西北季風較強，稻田東南角水面漂浮之菌核量最多，與其他角落呈極顯著之差異。插秧後田水中漂浮之菌核數逐日遞減，一個月後就不易由水中採集到菌核，此時大部份菌核被漂流到四周之田埂上，成為無效感染源外，少部份菌核漂流在田水中時碰到水稻植株，菌核就附著在稻葉鞘外側，其附著位置並隨水稻之生長而昇高。分櫱中期因稻叢莖數增加，稻叢間濕度加大，菌核開始發芽感染葉鞘致病，此即為第一次感染源 (6,7,9)。

從插秧至分櫱中期在田中所採集到之菌核，其發芽率約為 50-75 %，分櫱期田間紋枯病之發生，與附著菌核之水稻叢數，及菌核發芽率有關。第一期作插秧 30-45 天後，或第二期作 15-30 天後，即水稻分櫱中期，紋枯病從稻叢基部開始發生。病菌侵入水稻組織後，利用菌絲在組織中蔓延，濕度大尤其遇下雨時，病斑急速往上擴展。水稻分櫱盛期以後，株間稻葉逐漸稠密，田間交織的稻葉即為第二次感染源傳播之工具，相對濕度高、有露水或下雨時，病菌之蔓延則更迅速，水稻孕穗期及抽穗期為紋枯病橫向病勢進展主要時期。田間觀察發現，利用發病莖之病葉為傳

染源時，因葉片基部受害，如遇天候乾燥，水份無法輸送，極易乾枯，傳染能力隨之消失；但健株之葉片伸展至發病叢受病菌感染時，無論天候乾或濕，病菌之菌絲均能順著葉片傳染到健叢上。此可說明，氣象不適合一般菌類病害發生之年份，紋枯病發生面積率尚高達 10 %以上之原因 (6,7,9) 。

環境適宜時，紋枯病菌從長出菌絲至產生成熟菌核，只需 80 小時。田間微氣象變化很大，病菌自侵入水稻組織後，一般需要 5-10 天，可陸續產生菌核。插秧後約 70-80 天，田間病株上陸續有菌核形成，菌核因受外力振動而掉落，因此田水中之菌核量又呈不規則升高，此時田水中之菌核發芽率高達 90-100 %，但這些菌核甚少感染孕穗期或抽穗期水稻。綜合上述各點，得知紋枯病以菌絲為第二次感染源，所以本病在田間之分布型態為叢集型，即由初次感染源菌核所感染之稻叢向外蔓延成一聚落 (6,7,9,30) 。

溫度低於 4 °C或高於 40 °C時，紋枯病菌即停止生長。紋枯病菌之最適生長溫度為 28 °C，每小時菌絲可生長 1.27 公釐，即每日可生長 3 公分以上。在恆溫培養箱內，利用人工接種測定病勢進展，結果 24-28 °C最適合發病及病斑擴展， 12 °C以下接種 7 日後尚未見發病，國外報告則以 28-32 °C及 30-32 °C為最適合發病之溫度。菌核形成則在 24-28 °C溫度下最快，以 16-20 °C之溫度範圍內所產生之菌核量最多。病莖上，紋枯病菌以 24 °C為最適形成菌核之溫度。相對濕度對稻紋枯病之影響，杜及張報告相對濕度 81-92 %最適合稻紋枯病之發生，國外則分別有 96-97 %及 95 %左右最適合發病之報告。菌絲生長最適酸鹼度為 pH5.0-7.0 之間，偏酸至 pH4.2 時菌絲生長尚無顯著影響，但 pH 值升高至 8.0 時，菌絲生長已顯著緩慢，菌核形成則以鹼性較為有利 (6,7,9,30,63,85) 。

水稻紋枯病原菌主要以菌核為殘存體，簡等報告，田間紋枯病發病率 28.5 %時，每公頃產生菌核量高達 200 萬個之多；杜等則報告，紋枯病發病率 18 %時，每公頃產生的菌核量高達 300 萬個之多。病株上之菌核在水稻收穫後，大部份菌核掉落於稻樁上，分析稻樁上與土表面菌核量比值平均為 7.9 比 1 。收穫時菌核發芽率約為 90-100 %，殘存至下期作插秧時降為 70-80 %，到分櫱期約為 50-75 %。菌核被埋入積水狀況之砂土中約可存活 8 個月，在土表面則可活 2 年之久 (6,7,9) 。

三、箱育秧苗立枯病(Seedling blight)

插秧機所用秧苗係於育苗箱中培育，育苗箱長 60 公分寬 30 公分高 3 公分，其栽培土淺，稻種播種量多，播種後堆積催芽 4 至 5 天，等待秧苗長出土面後再移出田間綠化，此種育苗環境很適合微生物滋長，因而多種兼性寄生之弱病原菌能迅速增加族群密度並引起病害。秧苗立枯病之發生與否，非常符合植物病害發生之三角

生態關係，即寄主植物、病菌及環境三者間互動結果。稻種及秧苗爲寄主植物，生長勢強則抗性強，相對生育受阻時受爲害之機會增加。本病之病菌種類很複雜，不同栽培土而有不同的病菌，各種病菌是否會引起立枯病，則視環境是否適合病菌生長而定。茲分別討論如下：

秧苗在 20 °C以上生長快速不易發生立枯病，在 15 °C以下生育受阻、抵抗力弱、易發生立枯病。簡與朱氏報告，在夜間溫度 20 °C之溫室內育苗至 1.5 葉期，再移置 3 °C或 10 °C之低溫室內，分別經 3 天與 7 天處理，發現 3 °C下經 7 天，其發病率達 39.8 %，處理 3 天爲 13.6 %，而 10 °C下處理 7 天者爲 7.5 %，處理 3 天僅達 4.2 %，溫室內對照組未發病。第一期作遇低溫時，影響秧苗之生育，抗病力弱容易罹患立枯病 [48,70,71] 。

稻種發芽期間需氧量高及適量水份，如以黏土爲栽培土容易造成浸水狀態，以砂土爲栽培土保水力差容易太乾，二種都會引起稻種發芽不良，也容易發生立枯病。因此栽培土之土壤質地應採取排水良好的壤土爲佳，極重黏土或砂質土壤皆不良。

秧苗立枯病之病原菌大多爲土壤棲息眞菌，因此秧苗立枯病之發生與栽培土壤來源之關係密切。一般而言，旱地土壤中菌類密度比水田土壤高，所以用旱地土壤爲栽培土容易發生立枯病，以表土爲栽培土之發病率較心土爲高。作物剛收穫之田土有高密度病菌，做爲栽培土容易發生立枯病。經過休閒之田土或將採回之土壤儲放一段時間後，土中病菌密度降低，再用做栽培土，立枯病之發生將會隨之降低 [48,73,74] 。

溫度除了影響秧苗生長及抗病性外，亦會影響微生物之生長，溫度環境不同，土壤中微生物相也會有所不同，主導秧苗立枯病發生之病原菌亦有不同。不同種的 *Pythium* spp. 或 *Fusarium* spp. ，就有不同的生長適溫，因此各種溫度下培育秧苗均會接觸到這二屬眞菌。 *Pythium* spp. 生長快速，各種溫度環境都有機會引起秧苗立枯病。 *Fusarium* spp. 生長較慢，又是弱病原菌，因此低溫環境下秧苗生育受阻時，容易被 *Fusarium* spp. 感染致病，高溫時因秧苗生長快速抗性強，致病機會較少。 *Mucor* spp. 低溫時較易引起秧苗立枯病。 *S. rolfsii* 、 *Rhizopus* spp. 及 *Rhizoctonia solani* 均屬於高溫菌，在高溫時易引起秧苗立枯病，但 *S. rolfsii* 感染源活力較強時，在低溫環境下亦會引起秧苗立枯病 [73,74] 。

土壤酸鹼値對秧苗立枯病發生之影響，黃氏報告， *S. rolfii* 引起之立枯病以 pH 5.5-5.6 之發病率最高， pH 4.5-4.7 最低。對其他菌類引起之立枯病，以 pH 6-7 發病率最高， pH 5.1(15 °C下) 最少，但低於 pH 3.6 對稻苗生長不利，因此應以 pH 4.5-5.0 之土壤爲床土最佳 [76] 。

稻種之播種量直接影響秧苗之生育及抗性，亦間接影響秧苗立枯病之發生，如播種量過密，稻種在育苗箱中容易相互堆疊，堆積期間育苗箱之單位面積內稻種發芽時所分泌之營養份多，病原菌迅速滋長而增加發病機會。同理在育苗箱移出綠化後，播種量多其秧苗亦密，因此秧苗纖細抗病力弱，病原菌在秧苗間之生長快速，所以極易發生秧苗立枯病，適當之播種量以每箱 220 kg最佳 [32,45,51] 。

四、稻徒長病(Bakanae disease)

稻苗徒長病之最適發病溫度，各學者專家所報導結果並不一致，瀨戶氏報告為土壤溫度 35 °C，高橋氏報告土溫 30 °C最適發病，西門氏報告 31 °C最適發病，但意大利及錫蘭兩地之報告則稱低溫徒長病多而高溫 35 °C時發病少。台灣以往第一期稻作苗徒長病比第二期稻作為高，因而低溫似乎比較適合徒長病之發生。綜觀各方面報告及田間發病情形，可推論凡是適合水稻生長之溫度即適合徒長病發生 [28,29,85] 。

大氣中相對濕度對徒長病之影響不大，土壤濕度影響則很大，湛水狀況下不適合鐮孢病菌之生長，徒長病發生較少，土壤維持一般旱作之田間含水量或略乾狀況下，較適合徒長病發生。育苗時適合徒長病菌生長之期間長短，對徒長病發生百分率影響最大，水秧田育苗之初期大部份時間為湛水狀態，後期土壤較乾，因此老秧苗徒長病率甚高。箱育秧苗因播種量多土壤淺又非湛水狀態，因此徒長病比較多，但因箱育秧苗期間短，有時病株不易顯現 [29] 。

稻種帶菌是徒長病的主要傳播途徑，土壤傳播之機率比較小。早期人們認為水稻開花時被徒長病菌之分生孢子感染，乳熟後成為病穀，為下期稻作徒長病最主要之初次感染源。筆者及日本學者研究，均發現水稻開花時被病菌感染的機率很小 [3,26,28,29] 。

稻種傳播徒長病，可分為徒長病株上的秕粒及健穀被污染二種方式。病株上的秕粒內外含大量之病菌，浸種催芽時病秕長出菌絲及孢子感染鄰接之稻種。健穀被污染時大多只有污染稻殼，健穀被污染時機除收穫時的污染，本田期也是重要時機，本田期稻穀受子囊孢子或分生孢子污染的田間環境不同。稻田常維持灌水狀態，稻株基部濕度高，病株基部容易腐敗而較快枯死，病菌在高濕下容易形成有性世代，病菌利用子囊孢子污染稻穀。稻田比較乾之環境，徒長病株較慢枯死，病菌雖然不容易形成有性世代，但是病株高度超過健株，健株抽穗時，病株上的分生孢子很容易污染健穀 [13,28,29] 。

被污染的穀粒播種後之發病率，張氏報告，以每顆穀粒平均帶有 4.2 個菌體之稻穀，播種後可得 8.25 %之徒長苗，證明污染於稻殼外之病菌亦可致病。宇氏報

告，土壤接種徒長病菌之分生孢子，當每公克土壤含 645 個菌體時，即可引起稻苗徒長病。張氏報告，稻田中 *F. moniliforme* 之分佈不均，稻徒長病株附近的土壤含較高濃度的病菌，病組織中之病菌被埋入土中可爲感染源，但因病菌族群密度不高，所以稻苗徒長病雖可經由土壤傳播，但機會比稻種傳播爲小 [3,26,28,29]。

五、胡麻葉枯病(Brown spot)

本病菌之殘存，係靠其菌絲或分生孢子。分生孢子在乾燥環境下可存活 3-6 個月，但在高濕度下則存活約 1 個月而已。不過有報告指出，感染稻種之分生孢子平均可存活兩年。病組織中之菌絲，平均可存活 3-4 年。本病初次感染源，分別來自帶菌稻種及田間病稻草 [32,85]。

稻種上帶有本病菌，經浸種催芽及播種後，其初生芽及根可能被感染，除了在育苗箱中高密度秧苗及低溫環境下，會引起秧苗枯萎外，正常狀況下，秧苗會迅速長出葉片，病菌並未感染葉片產生病斑。病菌在稻種穀粒及子葉上增殖，所產生之分生孢子，爲感染秧苗後期葉片之第二次感染源。

本病菌之分生孢子無休眠性，只要濕度夠，雖未脫離分生孢子梗，亦會發芽。脫離分生孢子梗之孢子，一般從基部及頂端細胞長出發芽管，發芽管常覆有黏稠液有助於附著在固體表面，發芽的先端會形成附著器，形成在寄主表面之附著器，會產生侵入釘直接貫穿表皮細胞，發芽管亦可不產生附著器直接經由氣孔侵入組織內。溫度 20-28 °C之高濕環境下，分生孢子在稻葉表面，經 4-8 小時即可完成侵入過程 [85]。

肥料養分對本病之影響，與其它病害略有不同，稻株缺乏氮肥易發生本病，足量氮肥可抑制本病發生，恰與稻熱病、紋枯病及白葉枯病等病害相反。鉀肥及矽酸肥之影響，則與其它病害相同，均可增強抗病。砂質土壤、泥炭地土壤或土壤淺之稻田，因土壤貧瘠及保肥力差易發生本病 [11,12,85]。

其它病蟲害發生後，造成水稻生育不良，亦會併發本病，其中以黃萎病及病毒病害最明顯，除山區環境外，稻熱病與胡麻葉枯病同時發生之情況較少。化學肥料施用過度，未施用有機肥，土壤中有機質減少，本病將漸次增多。酸性土壤易引起有效鐵及錳等缺乏，較容易發生本病。各種土壤因子對水稻產生不良影響，均會併發本病，如植物殘株等有機物在排水不良之土壤中，異常醱酵產生有害物質，造成水稻生育不良，而誘發本病。土壤過於乾旱時，或地下水過高排水不良，或利用冷泉水灌溉之田地，均易因稻生理障害而發生本病 [85]。

六、稻葉鞘腐敗病(Sheath rot)

本病菌最適生長溫度 30-31 °C， 37 °C略可生長， 13 °C以下不生長， 50 °C經 5 分鐘即可致死。另有報告菌絲生長適溫爲 20-28 °C，孢子發芽爲 23-26 °C [85] 。

病害之發生生態研究報告不多，一般所知本病可經由稻種傳播，病菌經由氣孔或傷口侵入。其它病蟲害例如黃萎病株及螟蟲爲害後，常會併發葉鞘腐敗病。田間稻細蟎身體上有大量葉鞘腐敗病菌，一些是體外污染，另一些則是細蟎食進體內。葉鞘腐敗病菌與稻細蟎同時爲害形成之病徵，與單獨由病菌引起者並不相同。其它昆蟲或動物對病菌傳播所扮演角色，尚未見報告 [68,80,81,82,85] 。

本病菌之腐生性很強，可以與其它腐生菌競生。田間潮濕環境下，病組織內的病菌會繼續生長，並產生大量孢子，在田間繁衍後代。本病菌在稻田間隨時存在，是否發病可能與稻株抗感病性有關。田間觀察發現，稻品種之稻穗伸出度與本病發生有關，部分伸出及不伸出之稻品種，比較容易發生本病。一般而言，秈稻品種比稉稻感病，秈稻品種容易形成典型病徵，稉稻則較易得不稔症。施氮肥過量使稻株太濃密，稻組織較軟易引起本病 [68] 。

七、稻小粒菌核病 (Stem rot)

小粒菌核病的病組織枯死後，病菌在組織中形成大量菌核，並可延續至稻收穫後。病菌在稻樁上繼續產生菌核，與零落殘留於土中的菌核，成爲下期作之初次感染源。各方研究結果，顯示小粒菌核病菌在田間，至少可存活 4 個月以上，均比台灣耕作方式之期作間隔爲長。本病菌之菌核在稻田中之消長，筆者進行稻紋枯病生態研究時，同時發現本病菌與紋枯病菌相似，整地至插秧時田水中菌核量最多。每公頃小粒菌核病菌之菌核量，估計約在 100 億至 1000 億左右，插秧後每叢水稻外表上常附有數十至數千個菌核，本菌之腐生性較強，稻株上之菌核會發芽，並於植物殘體等有機物質上生長，無有機物可供生長或環境不適合時菌核發芽後隨之死亡，受稻株本身抗性及拮抗微生物之影響，只有少數菌核發芽後會感染水稻葉鞘。本病之病斑上會形成分生孢子，野中氏報告，分生孢子之感染較菌核之感染少，經由分生孢子第二次傳染，對本病不具重要性 [85] 。

小球菌及小黑菌接種在水稻葉片或葉鞘上，菌絲形成附著器及侵入菌絲之最適溫度爲 24-28 °C，在 36 °C以上不能形成附著器，在 8 °C時小球菌可形成少數附著器，小黑菌則不形成附著器。謝氏報告，指出小粒菌核病菌感染之最適溫度爲 24 °C，病斑發展之最適溫度爲 30 °C。無葉鞘稻莖上，刺傷後接種小球菌，在 8 °C及 36 °C可產生小病斑，小黑菌則無法產生病斑。對具有葉鞘之稻莖上，小球菌及小黑菌在 12 °C以下或 36 °C以上均不產生病斑。陳氏等報告，較高溫氣候下易發生小球菌核病，小黑菌則相反 [36,49,85] 。

本病發病與稻施肥之關係極爲密切，多方面之研究結果，氮肥施用量多於正常量時易發生小粒菌核病，多施鉀肥時可減少小粒菌核病的發生，磷肥影響不大，但同時多施鉀肥與磷肥之水稻對小粒菌核病之抵抗性比單獨多施鉀肥者較易發生，矽酸可增加稻株抗性 (85)。

灌排水影響菌核之形成、發芽、感染及病勢之進展，其中以灌水深度及排水時期與小粒菌核病發病之關係，較爲密切。綜合多位學者之研究結果，稻小粒菌核病對深水區稻株之感染率比淺水區爲高，可能因深水區中之漂浮菌核被帶到較高位葉鞘、菌核易流入葉鞘內側、葉鞘組織比較纖弱易感病等因素所致。但病菌侵入葉鞘組織後，病菌在病組織中之病勢進展，則洽好相反，即淺水區之病勢進展較快，其原因可能與稻組織之水份潛勢有關。降雨時期及降雨量對稻小粒菌核病之影響，與灌排水之影響頗爲相似，感染期或感染期來臨前降雨量多，稻株被感染率增加。病勢進展期降雨量豐富，病勢進展速率就降低 (1,20,36,49,85)。

稻品種對小粒菌核病之抗感病性，多篇研究報告均指出，稻品種間之抗感病性因年而有差異，這種差異乃起因於稻生育期間之氣候所致。一般而言，早熟品種比晚熟品種較感病 (36,85)。

水稻其他病蟲害與小粒菌核病亦有密切關係，例如有節稻熱病、紋枯病、線蟲心枯病等病害併發時，可以抑制水稻小粒菌核病之被害度。水稻受二化螟蟲及飛蝨爲害後，有助於小粒菌核病之感染及病勢進展，爲衆所周知之事實。稻胡麻葉枯病與稻小粒菌核病之間，常有共同爲害並互相增加其爲害程度之現象 (49,85)。

八、稻褐條葉枯病(Narrow brown leaf spot)

國內外對本病之生態研究不多，大多注重於病害之致病過程，應用研究則注重寄主之抗感病性。本病之病原菌經由氣孔進入寄主組織，並在寄主之柔膜組織建立族群，在表皮細胞中縱向擴展。孢子柄由氣孔下之菌絲長出，再經由氣孔長出寄主外表。人工接種結果發現老葉片與新葉片之感病性同，但病斑之顯現需 30 天以上，因此本病在田間均於水稻後期出現。利用水耕液培育水稻，發現鉀含量高，稻株對本病較感病。國外報告，稻品種對本病之抗感病性有明顯差異。本省對本病僅有病菌記載，無基礎或應用性之研究，歷年亦未對其發病面積加以統計 (85)。

九、稻白葉枯病(Bacterial blight)

高溫高濕爲白葉枯病主要發生條件，高溫適合病菌生長，高濕有利病菌傳播及侵入。溫度 25-30 °C，病害發生嚴重， 17 °C則很少發生。颱風挾帶高雨量易造成稻白葉枯病大流行，尤其洪水淹沒稻田後，發生更爲嚴重 (84,85)。一般觀念認爲係

因颱風造成稻葉傷口有利病菌感染，由近年來本省稻白葉枯病日漸猖獗，第一期作發病面積逐年擴大之情形，颱風並非必要條件，長期下雨或濃霧均有利本病之傳染。農友之作業習慣也是一個影響因子，露水未乾前下田工作將成為主要傳播工具。

稻白葉枯病菌在土壤中存活不長，本菌在土壤內之存活，受土壤含水量及溫度之影響。淹水土中存活時間比在含水 20 %的土壤中為短；溫度 30 °C存活時間為 4-8 天， 20 °C則可存活 32 [14] 。病菌在田間亦可存活在稻椿及禾本科雜草上，而把病菌釋放到灌溉水做為第一次感染源 [38] 。種子傳播一直是一個爭論問題，研究報告均已證實稻種子內含有白葉枯病菌，嚴重被害株之種子帶菌率可達 100 %。利用帶菌種子播種至今尚沒有人能觀察到產生病株。由田間初發病之病株分佈，卻符合種子傳播之特性 [84,85] 。

十、稻細菌性穀枯病(Bacterial grain rot)

稻細菌性穀枯病生態之研究，日本報告較多，綜合各方面結果，得知本病之發病溫度在 24-35 °C之間，以 30-35 °C最適合發病。抽穗前後氣候，日最低溫度在 22-23 °C以上，則細菌性穀枯病亦隨之增加。稻抽穗前後下雨有助本病之發生，下雨時間及頻度比雨量之影響為大。臺灣第一期稻作抽穗期，雖然濕度夠高，但大部份地區之溫度皆不夠高，尤其日最低溫度（夜溫）太低，故本病發生較少。中南部第二期稻作之抽穗期氣候，很符合上述高溫多濕之條件，因而本病發生較普遍；北部地區稻抽穗期，較少同時高溫高濕，下雨時有降溫現象，重露高濕亦發生於日夜溫差大之時候，因而本病甚少發生 [22,23,24,85] 。

水稻孕穗後期，將病原細菌懸浮液注射進入劍葉葉鞘內側，使直接與幼穗接觸，待懸浮液自葉鞘上端處溢出為止，結果其葉鞘從針刺處開始病變，初呈黃褐水浸狀後轉為深褐色，葉鞘組織最後乾枯壞死，幼穗亦皆被感染，大部份抽穗不良，稻穗抽出後亦無法開花授粉，所有病穀皆成空粒之秕。由此證明，有傷痍情況下，本病菌亦可為害葉鞘組織。水稻孕穗後期及抽穗期以噴霧法接種病菌懸浮液，葉鞘都未見有病變之現象，因此證明無傷痍下，本病菌不會感染稻葉鞘。稻穗則均表現激烈發病，並以孕穗後期至抽穗後 4 日期間呈極感病反應，稻穗之大部份穀粒成空秕，穗梗直立不易彎曲 [72] 。

本病之傳播途徑，一般認為以稻種傳播為主，甚少經由土壤傳播。稻種帶穀枯病原細菌，在苗期會引起苗腐敗枯死。稻種經次氯酸鈉溶液消毒後，再人工接種稻細菌性穀枯病原細菌，可得嚴重之苗腐敗症，但其發病程度受土壤中之微生物相影響甚大，未滅菌土壤或添加腐生菌則發生輕微或不發病。穀枯病原細菌引起之苗腐

敗病，在日本甚為普遍而且嚴重，臺灣並不嚴重，可能與微生物相有關(21,22,23,24,72,85)。

十一、稻黃萎病(Yellow dwarf)

稻黃萎病之病原可分別在媒介昆蟲體內、再生稻及禾本科雜草上存活，成為下一期稻作之初次感染源。在臺灣，黃萎病之發生以第二期稻為主，第一期稻發生相對輕微，產量蒙受損失亦較小。陳氏等於 1973-1976 年在台中地區黃萎病常發地東勢、大里調查黑尾葉蟬傳播黃萎病之生態指出黑尾葉蟬在田間一年出現二個傳病蟲率高峰期，第一個高峰期於 2 月至 3 月上旬出現，傳病蟲率為 29-64% 不等，這些蟲源為第一期稻水稻感染黃萎病主要之來源，但此時適值全年間黑尾葉蟬自然族群密度最低季節，實際參與傳病之蟲數相對減少，水稻感染黃萎病之機率相對降低，加以第一期水稻生育初期自然氣溫低，感病之水稻受低溫之影響，病徵往往延至生育後期方始出現，對產量影響甚少。第二個媒介蟲傳病蟲率高峰期於 7 月至 8 月上旬出現，傳病蟲率為 10-36% 。此時正值全年間黑尾葉蟬自然族群密度第一個高峰期之後期，田間族群密度尚高，故第二期稻秧苗期及本田初期之水稻感病機率遠較第一期稻大。第二期稻初期高溫，罹病稻株於插秧後 50-60 日大量出現病徵，嚴重影響水稻產量(17,41,42,85)。

十二、稻縞葉枯病(Stripe)

本病主要由斑飛蝨媒介傳播，受氣候及蟲齡影響，斑飛蝨吸入病毒至能傳毒之潛伏期為 5-21天，經過潛伏期後之二週內傳毒能力最強，帶毒蟲終生帶毒，部份帶毒母蟲會將病毒傳給後代。稻株被感染後，因環境及稻齡不同，潛伏期為 10-25 天。斑飛蝨及本病病毒之寄主範圍均廣，因此病害之發生受斑飛蝨族群密度影響最大。田間病徵出現時期及病徵潛伏期推測第一期稻有二個主要感染期，第一次感染發生在秧苗期及本田初期，以越冬媒介昆蟲為主要傳病蟲源。第二次感染發生於分蘗盛期，媒介蟲源為越冬蟲遷入本田後所繁殖之第一世代成蟲或第二代若蟲。縞葉枯病在第二期稻發病均較輕微(38,39,40)。

十三、稻白尖病(White tip)

稻白尖病由病原線蟲 *Aphelenchoides besseyi* 所引起。本病主要經稻種傳播，稻種帶有高密度病原線蟲，將於苗期開始發病，心葉淺黃綠色或青白色，隨之乾枯，稻苗期及插秧初期健株生長快速遮掩病株，因而不易察覺發生線蟲白尖病。病原線蟲經由稻種傳播，因捲曲膠著於稻殼內表呈休眠狀態，可存活三年以上。田間

水稻收穫後，病原線蟲也可在稻稈、遺落田間穀粒或秕粒存活越冬，這些帶蟲材料藉由灌溉水流到秧苗或稻株上，病原線蟲附在稻葉鞘，再轉入葉鞘內側及心葉部位繁殖生長致病。本病之病原線蟲屬於莖芽線蟲，寄主範圍廣，在田間會感染冬季裡作之作物，也會成爲下一期作的初次感染源 [25,46,47,85] 。

水稻病害之綜合管理

水稻病害之防治，預防重於治療。預防病害之發生，包括稻品種選擇、栽培管理、田間衛生及瞭解發病生態掌握防治適機。風土病每年甚至每期稻作都會發生的病害， 因此可以在未發病就事先做防治工作。流行病則受氣候影響，要留意病害發生預測，掌握發病初期的防治措施。

一、選種抗病品種

除了紋枯病尚未有抗病品種，白葉枯病抗病品種不多以外。目前推廣栽種的水稻品種，對大多數病害具有抗病性，其中對稻熱病大多具有強的抗病性。目前推廣栽種的水稻品種，育種期間都在全省各地區經過長時間的試驗，由各地區農業試驗改良場所分別檢定各種特性，各種特性表現優良才能通過命名審查，抗病是其中必備檢定工作之一。因此，稻品種命名推廣時，對當時田間稻熱病菌大多有強的抗病性。新抗病品種推出後，稻熱病菌無法感染稻株繁殖後代，病原菌爲了生存就會發生變異，產生新的生理小種感染抗病品種，再引發稻熱病使抗病品種罹病化。稻熱病菌感染某一個稻品種後，就會適應這一個稻品種。也就是說，病原菌的不同生理小種菌株會感染不同的稻品種。單一種抗病品種栽種的面積越大，稻熱病菌變異產生新生理小種的機會也越大，新生理小種在沒有其他小種的競爭下生長繁殖很快，容易引發流行病 [5,8,14,27,34,37,50,52,56,57 ,58,59,60,67,77,85] 。

依據稻品種與病菌生理小種的互動關係，要防止新生理小種的快速滋長，我們可以採取的對策有二種，其一是輪種不同抗病性的稻品種，其二是種植多品系或混合品種。品種輪作防治植物病害，國外報告麥類銹病及白粉病有很好防治效果，這兩類病害都屬於絕對寄生的病原菌，只有在寄主植物活組織上才能繁殖生長。稻熱病菌屬於兼性腐生的植物病原菌，在收割後病組織上可以繼續生長並產生孢子，增加病菌的變異機會，由各地區每年稻品種輪作與稻熱病發生記錄，發現不同抗病性的稻品種輪作並不能有效控制稻熱病。不少國內外農業研究人員，努力研究利用多品系及混合品種防治植物病害，大多有不錯的防治效果，但是混合品種會影響農產品的品質。多年來，研究人員依據廣義的混合品種理論，將各地區栽種品種多樣化

防治植物病害，例如大陸曾經利用稻品種多樣化降低稻熱病的大發生，證明品種多樣化確實可防止稻熱病大流行。不過，我們是民主社會，每個人都有充分的自主權選擇稻品種，各地區要實施稻品種的多樣化，就需要大家相互研商規劃(8,18,19,57,64,65,66,77,85,)。

白葉枯病菌與稻熱病菌相似，具有生理型之分化。世界各地之水稻栽培區，因所栽培品種及環境的不同，其所存在之生理型亦有差異，亦即不同地區具有不同的病原群分布。故各不同地區宜各自發展其適用之判別品種體系，進而找出合適之抗病品種。檢測國內外稻品種對臺灣白葉枯病之抗性，發現臺灣大部份菌株之致病力甚強。篩選適合做爲臺灣地區抗稻白葉枯病親本之稻品種系，結果顯示 IR 4442-46-3-3-3、IR 22、IR 22082-41-2、Malagkit songsong、IR 29、IR 30、IR 20'、IR 28、IR 20、臺農秈 19 號、嘉農秈 6 號、IR 1514A、B 5354-5D-MR-1、IR 1545-339 和 IR 26' 等 15 個品種系抗病性較強，IR 26、Tkm 6、臺農 61 號、新竹 56 號、嘉南 8 號、高雄 139 號、光復 401 號、臺中 65 號、稗稈稻、高雄 142 號、臺東 29 號、臺稉 2 號、臺稉 3 號和臺南 9 號等 14 個品種則屬中抗病性。由此可知，稻白葉枯病抗病育種是今後水稻育種之重點工作 (34, 84,85)。

二、栽培管理

1. 稻種處理：眞菌或細菌引起的水稻病害以及線蟲白尖病，常會感染或污染稻穀，而經由稻種傳播病害。病原感染稻種會造成穀粒不飽實成爲秕粒，換句話說，稻穀中的秕粒帶有病原的機率很高。病秕粒帶菌量比被污染的穀粒高，病秕混在稻種中，其感染稻苗之潛勢更強。因此浸種前以硫酸銨水溶液水選健穀，去除病秕，再稻種消毒。硫酸銨水溶液之比重，蓬萊稻種採用 1.13，在來稻種則用 1.08(45,51,56)。
2. 溫湯浸種：爲了消滅稻種上所攜帶之病原，可以實施溫湯浸種。溫湯浸種建議以乾稻種做處理，可以降低對稻種發芽之影響。溫湯浸種分成三個步驟，首先以 54 °C溫水預浸 5 分鐘，再以 56-57°C處理 15 分鐘，最後迅速放進 20 °C以下之冷水中 5 分鐘，最後步驟之冷水溫度能降至 10 °C以下更好。未做 54 °C溫水預浸時，處理時間可延長爲 17 分鐘。溫湯處理後之稻種可以直接浸種育苗，或乾燥保存備用 (32,85)。
3. 浸種及育苗管理：稻種應充分浸水，第一期作浸種 3-4 天，第二期作則浸種 2-3 天，浸種後將稻種瀝乾再以濕麻布袋覆蓋催芽，稻芽長出約 1mm 時播種，播種後覆土不要超過 5mm 厚度，如此可縮短育苗箱堆積時間，減少病菌感染機會。第一期作催芽之溫度避免超過室外氣溫太多，以防稻種及稚苗在短時間內受溫度

劇變而抗病性減弱。育苗箱所用栽培土，以病原菌較少之水田心土較佳。如果無法取得水田心土，所用土壤最好陰乾後存放較長時間，待土中病原菌密度降低後再使用。如使用舊育苗箱，因可能附著有病原菌，其發病率比新育苗箱者爲高，所以育苗箱使用後應馬上清洗，尤其育苗箱之角落需要特別注意清洗乾淨，洗淨後應消毒，如無法消毒至少需曬乾後再使用。每一育苗箱播種量以 220g 乾稻種量爲宜，播種太多秧苗太密易滋生病菌，易發生秧苗立枯病。第一期作遇寒流時，應蓋塑膠布保溫，寒流過後溫度回升時，則需將塑膠布兩端打開使能通風，避免過度潮濕促進病菌滋長。第二期作最好用尼龍網覆蓋，阻斷媒介昆蟲吸食時傳染病毒，覆蓋有色網會降低透光度造成秧苗纖弱要儘量避免，白色透光好 30 目以上之細網最爲理想。

4. 整地：翻整田地，除了讓我們容易挿秧外，同時也可以將病蟲翻埋土中，降低田間病菌及害蟲的族群。整地時將田間植物殘株翻埋土中，植物殘株在土中會腐敗醱酵，醱酵過程中會降低土壤中的氧氣，也會產生一些對稻株不好的物質。因此，我們最好採取二段式整地，二次整地的時間最好有半個月以上的間隔，一方面讓埋入土中的植物殘體醱酵，一方面讓前期作留下的過剩肥料均勻化。
5. 灌排水：整地時採用淺水整地，以利將植物殘株翻埋。二段整地的間隔期，則採較深的田水，可以讓紋枯病菌等病原菌的菌核及植物殘株漂浮至下風處，撈起漂浮物曬乾燒燬，可降低病蟲密度。挿秧後田中維持淺水狀態。往昔人工除草翻動田土可增加土壤中的氧氣，現今水稻栽培大多利用殺草劑除草，土壤未經攪動，土壤中的氧氣會漸次減少，容易呈現還原態而有礙稻根生長。一期作挿秧後 25 天，二期作挿秧後 15 天，水稻分蘗初期至分蘗中期之間，即可進行排水曬田，曬田到田土輕微龜裂後，接著採用間歇性灌排水，如此可以強化稻根，稻株健壯增加抗病力。如果田間有病害發生時，必須保持適當的田水，不能乾旱而增加稻株逆境壓力。水稻抽穗期以後改以深水灌溉，水稻生育後期愈晚排水愈好。
6. 行株距：行株距大，稻株比較健壯比較抗病，縱然發病也能比較耐病。那種行株距大小比較好？各地區土壤肥沃程度不同，因此，適當行株距就有不同，農友可自行測試比較。除行株距外，稻行的方向也會影響田間的通風，挿秧行向採用與季節風同向，田間通風良好，可降低水稻病害的蔓延速率。
7. 施肥：肥料對水稻病害的影響，氮肥最爲密切，磷及鉀的影響較小。多施氮肥容易發生稻熱病、紋枯病及白葉枯病，氮肥多時磷肥會助長發病，鉀肥則可增加稻株抗病，氮肥多會降低鉀肥的效果。缺氮時容易發生胡麻葉枯病，顧及各種病害之防治，多施有機氮肥，可以避免缺氮肥，稻株也比較抗病。矽是稻株的重要元素，可以強化細胞增強抗病，施用矽酸鈣可增強稻株抗病，稻殼及稻草分解後也

會釋出矽酸化合物。前作種植綠肥，要採用二段式整地，粗整地時每公頃加施 75 kg石灰，可以促進綠肥分解。前作種植蔬菜殘留過多氮肥，亦要採用二段式整地，粗整地時可加施稻殼或稻草，稻殼及稻草分解時會利用氮肥，降低氮肥過量及不均勻的風險。

8. 田間衛生：水稻病害的病原常會感染田間雜草，繁殖增加病原密度，雜草也是媒介昆蟲的主要棲息處，所以清除雜草是防治病害的重要工作。病株收割後長出稻椿為田間主要感染源，水稻收穫後應將稻椿翻犁，降低病原密度，也可避免長出稻椿供媒介昆蟲棲息。大多數病菌會殘存在病組織中，所以不能留置病稻草在田間。稻草要利用為堆肥時，必須經過醱酵，完全腐熟後才能使用。白葉枯病除了靠稻葉接觸傳播，人在露水未乾的稻田中行走也會迅速將病害傳開，因此要避免在晨間在稻田中行走。

三、藥劑防治

1. 秧苗處理：水稻病毒病害及菌質病害之防治，以及每年都會發生稻熱病的地區，可以在插秧前 1 天選用各病害之登記藥劑，進行秧苗處理藥劑最能得到事半功倍的效果。選用粒劑可以直接撒佈後，以掃把輕掃秧苗使藥劑掉落，再澆水至土表面有水膜為止。選用可濕性粉劑則先以 200-500cc 清水稀釋，再用澆水器澆灌。
2. 本田期處理：風土病為每年均會發生，藥劑防治以稻生育期決定防治時機。以紋枯病為例，紋枯病之初次感染源為本田初期附著在稻植株上之菌核，分櫱期叢間濕度增大，附著在稻植株上之菌核開始發芽感染水稻致病，發病後病菌靠菌絲在交織的稻葉間進行二次感染，所以初次感染源多寡影響分櫱期之發病，分櫱期之發病又直接關係到後期之發病率，由此結果推論早期防治效果較佳，換言之分櫱期為施藥的最佳時期。紋枯病初發生時就要即時防治，紋枯病菌的菌核具漂浮力，農友在水稻分櫱期時，可留意插秧期間的風尾處，因菌核密度高，發病會比較早。流行病受氣象因子等環境影響大，發病程度差異大，因此以初發病為主要防治時機。以稻熱病為例，稻熱病於第一期作較易發生，山區幾乎每年都會發生要提早防治。開闊的地區在平常年，稻熱病發生輕微或不發生，以經濟效益而言，可以不用施藥防治或減少施藥次數。中溫高濕的年度較易發生稻熱病，在初發生期就要立即防治，防止病害迅速蔓延成為流行病。插秧後 35-50天為葉稻熱病主要發病期，農友可留意農政機關發佈的水稻病蟲害的警報，掌握稻熱病初發生期。另外，稻田四周也可留置少量秧砧，秧砧的稻株密度高，比較容易發生稻熱病，可以早期偵測到稻熱病，當秧砧發生稻熱病就可進行藥劑防治。利用秧砧偵測稻熱病效率好，但是也會成為重要的感染源，所以看見稻熱病後，應將秧砧

拔除埋入土中。農友無法每日巡田者，也不能利用秧砧偵測稻熱病，否則會增加稻熱病發生機會。稻熱病初發生應即施用藥劑防治，經 7-10天後，若繼續蔓延再施藥一次。水稻抽穗前 7 天及齊穗期各施藥一次，預防穗稻熱病。每公頃施用稀釋液的藥量，防治葉熱病需 1000 公升稀釋藥液，穗稻熱病則爲 1200 公升。直接撒佈之粒劑及粉劑，以各農藥標示之用量爲準 (7,10, 31,43,61,62,85) 。

3. 藥劑種類：目前登記推廣之水稻病害防治藥劑，係經過四個不同農業試驗改良場所的試驗，有三場所以上的防治試驗效果良好，才能正式登記，農友可安心選用。不過，長期使用單一種藥劑，病原菌容易產生抗藥性菌株，藥劑輪流使用可以降低病菌產生抗藥性的機會。不同劑型藥劑之選擇，除考慮施用所需工具外，也要注意劑型對藥效的影響，一般而言，施用粒劑防治稻熱病，水稻根部吸收藥劑再傳輸到地上部，所以時效比較慢，但藥效持續力比較久。農友使用農藥時，應依照各農藥商品標示使用方法及注意事項。

參考文獻

1. 小野小三郎。 1949 。稻小粒菌核病と灌排水との關係。北陸農業研究 1(1) ： 76-83 。
2. 井上好之利、內野一成。 1963 。稻紋枯病に關する研究。第一報被害の生態ずよび藥劑防除。日本農林水產技術會議事務局山口縣農業試驗場出版。指定試驗 (病蟲害)4:136 。
3. 宇國勝。 1975 。影響稻苗徒長病發生因子之研究。國立中興大學植病研究所第五屆畢業碩士論文。
4. 吉村彰治。 1955 。稻紋枯病の被害について。九州農試彙報 3(1):143-154 。
5. 杜金池、張義璋。 1978 。 *Rhizoctonia solani* Kuhn 之菌絲融合群及其對水稻之病原性。邱人璋 編 水稻病蟲害：生態學及流行學。農復會刊印。 pp.263-285 。
6. 杜金池、張義璋。 1981 。水稻紋枯病原菌之生態及生物防治。臺南農改場研究彙報。 15:1-24 。
7. 杜金池、張義璋 1991 水稻紋枯病之生態及防治。農試所專刊 32:65-81 。
8. 杜金池、張義璋 1992 作物抗病品種之培育。病蟲害非農藥防治技術研討會專刊。 233-250 。中華植物保護學會編印。
9. 杜金池、張義璋、王仲文 1979 水稻紋枯病菌之生態研究。科學發展月刊 7(12): 1208-1219 。

10.杜金池、蔡財旺、簡錦忠、蔡武雄、張義璋 編 1990 稻作病蟲害發生預測專輯-稻熱病。臺灣省農業試驗所及中華植物保護學會編印。農試所專刊 30 號。
11.李子純、許兩順、林慶喜 1978 土壤肥力與水稻胡麻葉枯病之關係研究。中華農學會 67 年度聯合年會特刊 pp.20-40 。
12.李子純、許兩順、林慶喜。 1980 。臺灣東部水稻胡麻葉枯病稻田肥力改進試驗。農業研究 29(1):35-46 。
13.佐佐木次雄 1978 特集稻作病害の收量および品質に及ぼす影響 " イネばか苗病 " 。農藥研究 24(3):19-24 。
14.吳信淦 1978 水稻抗稻熱病之類型。邱人璋編 水稻病蟲害：生態學與流行學：213-224 。農發會出版。
15.吳龍溪 1971 稻紋枯病。邱人璋編 稻作病害。農復會刊印。 pp.49-76 。
16.邱人璋 1971 水稻黃葉病。邱人璋編 稻作病害 P.155-178 。農復會刊印
17.邱人璋、簡錦忠 1971 水稻黃萎病。邱人璋編 稻作病害 P.135-154 。農復會刊印。
18.邱善美、鄧耀宗 1975 水稻抗稻熱病混合品種之抗病性及生產力研究。農業研究 24(1,2):1-10 。
19.邱善美、鄧耀宗 1976 水稻抗稻熱病多品系品種及混合品種之抗病性、生產力及品質之研究。農業研究 25(4):249-258 。
20.河合一郎 1955 稻小粒菌核病の耕種的防除法。農業及園藝 30(5) ： 705-707 。
21.茂木靜夫、對馬誠也 1984 最近のイネもみ枯細菌病多發生とその生態。昭和 59 年度九州農試年報 pp.47-53 。
22.茂木靜夫 1984 イネもみ枯細菌病に發生生態と防除 (2) 。農及園 59(6) ： 782-788 。
23.茂木靜夫 1984 イネもみ枯細菌病に對する品種耐病性 (1) 。農業技術 39(12) ： 537-542 。
24.後藤孝雄 1983 イネもみ枯細菌病の發生生態と研究の現狀。植物防疫 37(9) ： 395-399 。
25.洪元平 1959 臺灣稻葉白尖病。植保會刊 1(4):104-109 。
26.孫守恭 1978 稻苗徒長病菌 (*Gibberella fujikuroi*) 之生態及生殖。邱人璋編 水稻病蟲害：生態學與流行學。 pp.303-317 。中國農村復興聯合委員會出版。
27.張萬來、王茂康、楊遜謙 1965 水稻品種 (系) 之稻熱病感應性。農業研究 14(3): 1-10 。
28.張義璋 1973 稻苗徒長病菌有性世代及生態之研究。國立中興大學植病研究所第

三屆畢業碩士論文。
29.張義璋 1984 稻苗徒長病之傳播途徑。臺灣省政府農林廳編印。稻種消毒研討會專刊 pp.26-37 。
30.張義璋 1985 影響稻紋枯病菌生長及菌核形成之因子。中華農業研究 34:454-463 。
31.張義璋 1986 紋枯病罹病程度對稻穀產量之影響。中華農業研究 35:202-209 。
32.張義璋 1996 本省稻作病害防治。農試所專刊 59 ： 89-98 。
33.張義璋 2001 水稻稻熱病防治手册。行政院農業委員會農業試驗所出版。台中。13P 。
34.張義璋、謝麗娟 1999 抗臺灣地區白葉枯病之稻品種篩選。中華農業研究 48(3) ：101-109 。
35.堀眞雄 1967 稻紋枯病の被害預察と防除法。農業と園藝 42:1389-1392 。
36.陳其昌 1971 稻小粒菌核病。邱人璋主編 稻作病害。 pp.77-98 。農復會出版。
37.陳隆澤 1983 水稻品種（系）對稻熱病抵抗性反應之研究。農業研究 32(1):1-13 。
38.陳慶忠、柯文華 1986 水稻縞葉枯病主要感染時期之推定及適期防治試驗。台中農改場彙報 12:61-68 。
39.陳慶忠、柯文華 1988 縞葉枯病對水稻產量及產量構成因素之影響。植保會刊 30:259-268 。
40.陳慶忠、柯文華 1989 台灣水稻縞葉枯病流行學研究。植保會刊 31:290-303 。
41.陳慶忠 1984 水稻萎凋矮化病之流行學。植保會刊 26:315-321 。
42.陳慶忠 1978 水稻黃萎病之流行學。邱人璋編　水稻病蟲害：生態學與流行學 P.139-166 。農發會刊印
43.彭洪江、唐地元 1990 水稻紋枯病流行動態、藥劑防治時期及指標的研究。植物病理學報 20(2):153-158 。
44.梁文進 1979 氣象因子對稻熱病菌分生胞子發芽、附著器形成及侵入影響。科學發展 7(8):810-818 。
45.莊商路 1983 稉稻栽培。農民淺說 266A-糧作 55 。 46 頁。行政院農委會及臺灣省政府農林廳編印。
46.黃炤雄、黃修斌 1972 水稻白尖病病原線蟲在花器及穀粒內的生態（摘要）。植保會刊 14(4):189 。
47.黃修斌、黃炤雄 1973 脫水對水稻白尖病病原線蟲殘存的影響（摘要）植保會刊 15(4):188 。

48.黃益田 1975 稻苗枯病之發生及防治之檢討。農林廳編印。
49.黃益田 1978 小粒菌核病菌之生態。邱人璋主編 水稻病蟲害：生態學與流行學。pp.287-301 。農復會出版。
50.黃眞生 1971 台灣稻抗病育種及遺傳研究近況。邱人璋編 稻作病害： 297-305 。農復會出版。
51.黃賢喜 1983 秈稻栽培。 農民淺說 267A-糧作 56 。 48 頁。行政院農委會及臺灣省政府農林廳編印。
52.楊遜謙 1967 旱田式病圃之抗稻熱病育種試驗。農業研究 16(3):1-7 。
53.臺灣省政府農林廳 1985 台灣省水稻病蟲害發生預測 (1966-1984) 。
54.臺灣省政府農林廳 編 1960-1997 臺灣省植物保護工作總報告。
55.臺灣省政府農林廳 編 1960-1997 臺灣省農業年報。
56.臺灣省政府農林廳 1999 臺灣稻作發展史。 793 頁。中華農藝學會及豐年社編印。
57.歐世璜 1971 抗稻熱病育種的新途徑。邱人璋編 稻作病害： 31-48 。農復會出版。
58.歐世璜、簡錦忠、曾東海 1983 抗稻熱病育種的新抗源。植保會刊 5(2):115-123 。
59.鄧耀宗、許東暉 1979 水稻抗紋枯病之研究 1. 抗紋枯病之稻品種及其特性。中華農業研究 28(3):145-150 。
60.蔡武雄 1975 水稻品種品系對紋枯病抵抗性不同檢定方法之比較。農試所研究彙報 32:22-28 。
61.蔡武雄 1975 水稻紋枯病不同發病程度與產量及產量損失關係之研究。植保會刊 17(4):410-417 。
62.蔡武雄 1976 紋枯病對水稻產量損失估計。植保會刊 18(2):106-119 。
63.蔡武雄、游俊明 1978 水稻紋枯病之流行學及其對產量之影響。邱人璋編 水稻病蟲害：生態學及流行學。農復會刊印。 p.247-262 。
64.簡錦忠 1968 稻熱病同一病斑所得菌株病原性之研究。農業研究 17(1):22-29 。
65.簡錦忠 1971 稻熱病病原菌之變異。邱人璋編 稻作病害 :11-30 。農復會出版。
66.簡錦忠 1974 稻熱病病原菌生理型之研究 (1970-1972) 。農業研究 23(1):16-37 。
67.簡錦忠 1978 稻熱病抗病程度對田間流行之關係。邱人璋編 水稻病蟲害：生態學與流行學： 225-245 。農發會出版。
68.簡錦忠 1980 稻葉鞘腐敗病之研究及其對不稔症發生關係。植保會刊 22:31-39 。
69.簡錦忠 1984 露期對稻熱病之影響。農業研究 33(1):59-64 。

70.簡錦忠、洪雲卿 1971 稻苗立枯病症之初步觀察。農業研究 20(4) ： 47-52 。

71.簡錦忠、朱啓魯 1974 水稻秧苗立枯病病因之研究。研究彙報 32 ： 1-16 。

72.簡錦忠、張義璋 1987 水稻不同齡期及品種對稻細菌性穀枯病菌之感病性。中華農業研究 36(3) ： 302-310 。

73.簡錦忠、張義璋、謝麗娟 1987 箱育秧苗立枯病防治之研究。農試所油印。

74.簡錦忠、張義璋、謝麗娟 1990 箱育秧苗立枯病防治之研究。農試所油印。

75.簡錦忠、張義璋、廖英明、歐世璜 1983 臺灣水稻新病害－稻細菌性穀枯病。中華農業研究 32(4) ： 360-366 。

76.簡錦忠、黃益田 1978 水稻苗期病害之病原與生態。邱人璋主編 水稻病蟲害：生態學與流行學。 pp319-331 。農復會編印。

77.簡錦忠、謝麗娟、張義璋 1989 水稻台農七十號對稻熱病抗性之罹病化研究。農業研究 38:72-79 。

78.謝式坪鈺、梁文進 1975 茭白及水稻小粒菌核病菌之異同。植保會刊 17(4):372 - 383 。

79.謝式坪鈺、梁文進 1978 稻熱病菌感染前之行為。邱人璋編 水稻病蟲害：生態學與流行學： 199-212 頁。農委會出版。

80.謝式坪鈺、梁文進、張世英 1977 水稻不稔症原因之探討，一、葉鞘腐敗病菌與不稔症之關連初報。植保會刊 19:30-36 。

81.謝式坪鈺、許美芳 1980 水稻不稔症病因之探討。 III. 水稻葉鞘腐敗病菌之生理及其與對不稔症之關連。植保會刊 22:47-55 。

82.謝式坪鈺、許美芳、梁文進 1980 水稻不稔症病因之探討。 II. 水稻葉鞘腐敗病之傳播與殘存及其與對不稔症之相關性。植保會刊 22:41-46 。

83. Hsieh, S. P. Y. 1979. Multiplication and translocation of *Xanthomonas oryzae* in diseased rice seedlings in relation to the occurrence of kresek. Proceedings Nat. Sci. Council 3:285-290.

84. Hsieh, S. P. Y. 1991. Recent status and future prospects on bacterial blight in Taiwan In Tu, C. C., et al ed. " The Rice Diseases " Proc. Symp. at TARI, Nov., 1990. 117-130. TARI Special bulletin no. 32

85. Ou, S. H. 1984. Rice Diseases. 2nd ed. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey England. p.201-222.

ABSTRACT

Chang, Y. C. 2003. Integrated management of rice diseases in Taiwan. p.39-60. *in*: Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan.

(Department of Plant Pathology, Agriculture Research Institute, Wu-feng, Taichung 413, Taiwan, R.O.C.; ycchang@wufeng.tari.gov.tw)

Many resistant rice cultivars have been developed against diseases. But their resistance was lost or 'break down' because of the development of new races of the pathogens. Several varieties were recommended in order to diversify the resistant genes in a local area. Health seeds should be selected by salting water before seeding. Inner soil of paddy field was the best growth material of rice seedlings. Plastic covering protects rice seedlings from chilling and insect vectors in 1st crop. Field sanitation, crop rotation, adjustment of planting date, proper fertilization, good water management, soil amendment and chemical application have been suggested.

檬果炭疽病綜合管理與採收後溫水處理效果評估

楊宏仁[1]、安寶貞[2,8]、「莊再揚」[3]、呂理燊[4]、
楊秀珠[5]、林瑩達[6]、高清文[7]

[1]嘉義市　行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所
[2]台中縣　行政院農業委員會農業試驗所
[3]台北市　國立台灣大學植物病理系
[4]台中縣　行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所
[5]台中縣　行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所
[6]高雄縣　行政院農業委員會農業試驗所鳳山園藝作物試驗分所
[7]台北市　行政院農業委員會動植物防疫檢疫局
[8]通訊作者，台中縣霧峰鄉中正路189號，pjann@wufeng.tari.gov.tw

摘　要

具有潛伏感染現象的檬果炭疽病，不易在檬果幼果期以後出現病徵，需俟果實成熟後才會再活化產生病斑，造成防治困難是檬果生產最重要的病害之一，台灣近年已研究發展出一套綜合管理模式，利用品種耐抗病特性、早期套袋、地面覆蓋、拮抗微生物、葉面硼酸及鈣化物施用等措施，並配合適當的農用化學藥劑噴施，可生產出炭疽病罹病率 20 % 以下的檬果果實。採收後使用 53 °C溫水處理 5 分鐘七天後，具商品價值的台農一號芒果果實可較未處理者增加約 53-85 %，有效降低或延緩田間炭疽病防治疏忽的發生；具精確控溫及快速回溫的溫水處理器開發後，使高溫短時間之溫水處理得以進行， 60 °C /20 秒溫水處理可以有效控制台農一號芒果炭疽病之發生，使處理速率可達到每小時 3-4 公噸，有助於芒果外銷之作業。

關鍵詞：芒果炭疽病、綜合管理、溫水處理、

前　言

近十年來台灣檬果生產面積一直維持在二萬公頃左右（農委會網站），若不將檳榔列入統計，則是台灣除了柑橘之外第二大的果樹產業，在產官學界努力下，優良檬果新品種不斷推陳出新，生產技術不斷改進，果實品質不僅在國內受到認同，也受到國外消費者的青睞，近年來成了台灣最有外銷潛力的果實之一，在 2002 年出口量已上升到約為 6000 公噸，約佔總產量的 3 % 左右，外銷值雖僅有約 8000 萬元新台幣，但相信經由各界之努力應能創造出可觀的成績（農委會網站）；而外銷暢順與否當然與芒果品質有關，除了品種特性與栽培技術所致，輸送到國外的芒果果實炭疽病受到有效的控制更是一個主要的原因，近十年來台灣芒果炭疽病防治獲得不錯的成果，主要歸功於 1992 年起農委會農糧處植保科高清文博士主導芒果炭疽病防治研究有關，當時由已故台灣大學植病系莊再揚教授邀集農業試驗所安寶貞博士、筆者及農業藥物毒物試驗所呂理燊博士及楊秀珠博士經多年研究及輔導農友，並創立供果園炭疽病監測制度，使得外銷供果園炭疽病罹病率可以降低至 20 % 以下 [2] ，至今大多數農友皆能生產出高品質的芒果果實，而且是近年來少數眞正實現綜合管理的實例之一，而筆者與林瑩達氏更著手於採收後溫水處理防治芒果炭疽病之研究 [12] ，以補田間管理之疏忽，並分別發展適當的溫水處理器作為溫水處理之用。本文即在介紹台灣芒果炭疽病田間管理及採收後溫水處理等對病害抑制之效果。

檬果炭疽病之重要性

檬果炭疽病原菌主要為 *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. 及 *Colletotrichum acutatum* Simonds ，以前者較為重要約佔分離所得菌株之 82 % ，而後者約有 18 % 並且僅發現於土芒果及愛文芒果 [5] 。它除了危害芒果花穗、果實、葉片及幼嫩枝條，對芒果果實品質與產量更有嚴重的影響，作者於 2002 年針對嘉義農業試驗分所愛文芒果試驗田 600 顆果實之罹病調查，發現約有 95 %之愛文芒果出現炭疽病，而莊 & 安 [9] 自 1993 至 1995 年於台南玉井鄉芒果園試驗發現，倘若未進行適當的防治，在採收後六天，愛文芒果罹炭疽病的比率在 70.8 % 至 100 %之間，且隨採收後時間增加，最後之罹病率皆達到百分之百，可見炭疽病之嚴重性。炭疽病菌除可感染幼嫩組織造成發病外，最嚴重的是當果實較大之後，炭疽病菌無法立即於果實上表現出病徵，需俟果實黃熟後，潛伏於果實表面上的芒

果炭疽病菌方再活化產生菌絲侵入果實內滋長而呈現出病斑，因此果實採收時外觀上無法判別罹病情形 [21,22]，造成採購者或是攤商無法準確選購罹病少之果實，因而造成採購後重大之損失，往往也是出口貿易造成糾紛主因。

因此想要增加外銷，炭疽病必須能獲得完善控制，經過多年之努力，台灣已發展出一套有效的炭疽病防治模式，包括品種抗性利用、套袋、地面覆蓋、硼的添加、化學藥劑使用、採收後溫水處理及其他管理方式綜合應用於芒果炭疽病之防治上，分述如下。

品種抗性利用

病害防治最根本的就是抗病品種的利用，呂氏等 [3] 調查發現懷特 (White)、Tong Dam 、Dasheri、Thailand、TL-12、Red、Tuong、OK Rong、圭寧及 St. Juliany 在 43 種芒果品種中其果實對炭疽病較具抗性比較不易罹病；其次是愛文 (Irwin) 及 Kaves ；而 East Indian 及 Golek 兩種品種較感病。利用芒果嫩葉進行炭疽病菌人工接種發現愛文和 Carabao 罹病度最高，其次是 Kaves、Nimrod、Edward、圭寧及金煌，最不易發病的是台灣土檨的嫩葉；參考國外資料愛文是一個高罹病品種，海頓 (Haden) 爲中罹病性，而凱特 (Keitt) 則是一種中抗病品種，再與田間實際情況比較其間存有許多差異，一般認爲愛文芒果果實是一種較罹病之品種，而土芒果的嫩葉是發病最嚴重的，這可能是因爲土芒果一直不被當作經濟栽培，較少受到適當防治，因此葉片不如呂氏所言較不罹病反而出現嚴重病斑，而愛文芒果數十年來一直受到重視，因此對於果實罹病會給予較大的重視。自呂氏等之研究果實與嫩葉罹病度間並無相關必然性，但是於田間觀察可發現，只要是田間嫩葉無病斑則感染果實的病原密度必然會降低，其後花穗與果實感染炭疽病的可能性也會降低，間接導至果實最後罹病降低，因此嫩葉罹病度亦可提供栽培之參考。

如前所述以實際田間經驗來看，目前栽培較多之品種中，土芒果的嫩葉經常滿佈病斑，採收後果實病斑也多，因此常被認爲是容易罹病的品種之一。而愛文芒果則是果農最用心照顧，但卻經常抱怨不易控制炭疽病的一個品種，因爲愛文芒果嫩葉易感病，防治稍有疏忽，便容易在葉片上留下病斑及病原菌而接著感染花序及幼果。黃金煌先生育出的金煌芒果近年栽培面積大增，主要是其果實大風味又受民衆接受，並且較耐炭疽病不需經常噴藥之故。台農一號芒果原本被認爲是一個較耐病品種，田間少見幼果發生病斑，但採收催熟後則因其糖度非常高（糖度常達 25 度 Brix 以上），熟化較快而使得炭疽病病斑進展也甚快，常見採收催熟後三至四天之果實整顆佈滿炭疽病黑色病斑，因此台農一號芒果田間應加強管理，並且套袋工作

不可省略，採收後最好能使用溫水處理來延緩發病 [11,12] 。

套 袋

在台灣果樹產業病蟲害防治上應用最廣的非農藥防治方法，非套袋莫屬，由於東方果實蠅入侵後未能有效滅除導致全省蔓延危害，幾乎所有果樹產區皆能見到蹤影，其他防治方法都難以獲得有效的控制，紙套袋引入將果實完全保護使果實蠅無法產卵實是最根本的方法，將原用於隔離果實蠅之套袋及方法修正導入於兼爲病害防治用，實爲台灣十多年來果樹病蟲害綜合防治最大的成就。因爲芒果炭疽病防治上，在正常天候下約需七至十天噴藥一次，若在幼果期即予以套袋，則可省下五至十次的噴藥，除可節省施藥成本外，同時也減少農藥使用對環境的衝擊，也因爲在採收前停止施藥時間長達一至兩個月以上，因此農藥殘留問題幾乎不會發生，對消費的健康是一個保障，相對提高消費者購買意願而可以增加農民收益，也是台灣外銷芒果的一大特色，因此爲了整個產業能永續經營，農友應當提早套袋。

安寶貞博士等人 [1,2] 曾對套袋時間、紙質及顏色進行一序列的研究工作，發現（一）、套袋時期越早，防治效果越佳。在採收後十二天時調查不同時間套袋愛文果實的炭疽病罹病率發現，若是在幼果期就完成套袋者僅有 0-5% 果實罹病，到了生理落果時套袋者罹病率 27% ，落果停止時套袋則罹病率爲 42% ，等到採果前兩星期再套袋的則有 68% 發病，對照完全不套袋但也全期施藥者罹病率爲 72% ，所以最好在幼果期就要完成套袋，減少果實被病原菌侵入的機會。但爲了減少太早套袋而再落果的比率，呂理燊博士建議應配合疏果後再套袋。（二）、不同材質的套袋對炭疽病防治之效果並無影響，但會影響果實成熟時間、糖度與果皮顏色。半透明蠟膜袋會造成光線強烈處果實日燒落果；經芥子油處理的黃色袋會造成果實著色差，果皮成黃色；愛文提早套白色紙袋，雖會使果實著色較差而成粉紅色，但糖度卻有提高的效果。（三）、套袋可以減少噴藥次數，降低成本。綜上所述，目前的套袋因爲使用芒果品種大小及特性，而有白色、黃色及不透光之紙袋，亦有覆蠟及不覆蠟的區別，成本自然不同，應當選用何種套袋是値得仔細考量的。常見農友爲了節省紙袋的成本，常常會選用不覆蠟的紙袋或是篩選重複使用回收紙袋，紙袋成本雖然降低，但是風險會增加；使用防水功能較差的紙袋，在陰雨綿延或是颱風季節後，常可見到紙袋吸水而緊黏在果實表面或甚至破裂失去保護功能，果實表面也會因爲溼度過高有外觀粗糙現象，同時造成炭疽病菌感染及果實蠅叮咬危險，反而是得不償失。套袋主要成本事實上是人工費用，因此應選用材質較佳的紙袋；而重複使用紙袋因爲無法完全消除病原菌之污染不宜使用。

地面覆蓋

炭疽病菌主要的傳播方式乃藉由水滴將病斑上的分生胞子堆噴濺到健康部位，發芽侵入芒果各部位，因此掉落地面的老葉或枝條，有可能因爲下雨濺噴攜帶分生胞子又感染果實，因此若能清除落葉等並且將地面覆蓋，除了減少炭疽病感染外還因爲地面清潔而使工作更爲方便，還能減少雜草控制的成本。1995-1996 年安寶貞博士分兩區進行果園覆蓋對炭疽病預防效果試驗，先於開花前將愛文芒果園以黑色不織布完全覆蓋，隔年再將不織布上的之落葉殘枝清除，未覆蓋區則按一般農友噴施殺草劑或以割草機除草；病蟲害噴藥及其他耕作措施一如平常果園，並於生理落果後套白色紙袋。等到果實成熟採收後發現覆蓋黑色不織布，除了可以防除雜草叢生，有利田間的耕作及節省鋤草成本外，確實還能降低果實炭疽病發生，他們發現覆蓋區果實採收後九天之罹病率爲 5-7% 遠低於無覆蓋對照區果實的 20-40%[1]；所以果園覆蓋不織布雖然增加了生產成本，但可以節省 3-5 年鋤草的農藥或工資花費，並且增加工作便利性也生產出較優質的芒果，值得推廣。

硼及鈣的添加

鈣在植物體內乃構成中果膠質之主要成份且與細胞壁之堅固性有關，可以抑制 Polygalacturonase 及其它 Pectic enzyme，因此能阻擋病原菌對於植物中果膠質中 pectic 物質之酵素分解，除此並有延遲老化之功能。若缺乏鈣則其新葉或頂芽都會受損，嚴重時已黃白化之幼葉漸褐變且葉緣部位枯死。硼素是植物體生長所不可或缺的微量元素，芒果更不可缺少，因爲硼在植物器官間移動不易，所以發病時多在於新生組織器官，如生長點、新葉、花器、果實及種子；缺乏時造成芒果新葉及果實畸形、落花、落果、果肉褐變及裂果等現象，尤其在一些晚熟品種上更常見。[4,14]。因此鈣和硼都是植物體所必需的營養素，其中硼砂在台灣更被推薦用於芒果及木瓜缺硼症的防治上，此二種元素皆與植物細胞強固有關，尚有增強植物體抗病能力及減少發病之效果，如在土中加入 100 ppm 硼可使 *Lagenaria siceraria* 之白粉病發生大減[29]，Conway et al[17] 以 pressure-infiltration 方式增加蘋果內之鈣，可提高儲運期對炭疽病等之抵抗力；玫瑰花切花或盆栽也因含鈣增加，而降低灰黴病之發生[38]。將芒果炭疽病菌分生胞子加入含有氯化鈣、磷酸一鈣、硼酸、硼砂之溶液中，其發芽率會隨著鈣與硼之濃度增加而降低，其中以硼砂及磷酸一鈣之抑制效果最強，硼砂在 2500 ppm 時，可將發芽率自對照之 67 %降至 7.4 %，在

5000 ppm 時發芽率更降至 3 %（表一）。而且已發芽胞子形成附著器之比率亦隨濃度之增加而增加，氯化鈣在 2500 ppm 時附著器形成率爲 87 %，而硼砂則爲 99 %。但是當濃度升高到 5000 ppm 時則生成附著器之比率下降，因爲此時菌絲發生崩解，尤其是硼砂及磷酸一鈣下，其附著器亦產生膨漲空胞化現象。噴施於溫室芒果嫩葉，經十天後調查嫩葉發病率，磷酸一鈣在 5000 ppm 時有降低發病率之效果，而且其病斑較小。硼砂則於 2500 ppm 時即有降低發病率之效果。

1994 年四月中旬至六月底於台南縣玉井愛文果園進行防治試驗，自愛文芒果著果約 2 cm左右開始每隔約十天噴藥一次，共噴藥七次後套袋；各處理在套袋前，除了只噴殺蟲劑而未噴殺菌劑之處理，其果實表面佈滿黑色淚斑及使用 2000 及 5000 ppm 磷酸一鈣與一般市售殺菌劑輪流使用試驗區之果實發生嚴重裂果外，其餘之處理，即使用 5000 ppm 硼砂完全取代一般殺菌劑，及使用 5000 或 2500 ppm 硼砂與殺菌劑輪用之處理的炭疽病防治結果與果實外觀和完全使用殺菌劑者並無明顯差異（圖一）。採後催熟六天後對炭疽病之防治效果亦無顯著之差異（表二）。因此硼砂除可依植物保護手冊建議以四百倍液噴施補充硼外，尚可用來當作炭疽病的防治

表一、不同濃度鈣及硼對檬果炭疽病菌分生胞子發芽率及附著器形成之影響

Table 1. The percentage of conidia germination and appressoria formation of *Colletotrichum gloeosporioides* from mango under different concentration of Ca and boron.

Treatment		Concentration (ppm)					
		0	10	100	1000	2500	5000
$CaCl_2$	Ger*	67.0	53.4	38.8	19.9	17.1	11.3
	App**	58.9	11.4	55.0	39.3	87.0	55.7
$Ca(H_2PO_4)_2$	Ger	67.0	50.4	32.3	21.8	13.1	7.0
	App	58.9	67.2	71.9	26.2	21.1	15.0
Borate	Ger	67.0	41.3	43.1	34.5	23.6	22.1
	App	58.9	79.4	79.7	76.6	86.2	72.2
Borax	Ger	67.0	33.7	20.0	14.1	7.4	3.0
	App	58.9	34.6	89.2	76.6	99.0	0.0

＊ Ger: % of conidia germination. Every value is a average of 4 replicates, over 100 conidia were examined per replicate.

＊＊ App: % of appressoria formation of germinated conidia. Every value is a average of 4 replicates, over 100 conidia were examined per replicate.

藥劑。使用時可將硼砂以少量熱水溶解後再混入其他農藥中噴施，最好在新稍出現前就應使用，到落果停止前使用二至三次。但是硼砂使用過量可能造成芒果果肉硬化及土中殘留過多硼素，因此不可過度使用。

表二、田間施用硼砂對愛文芒果果實炭疽病之防治效果

Table 2. The effect of borax for controling Irwin mango fruit anthracnose

Treatment	% of Acceptable Mango Fruits*		
	4 Days after Ripening	6 Days after Ripening	8 Days after Ripening
Fungicides	95	76	57
Borax 5000ppm	90	70	50
Fungicides + Borax 5000ppm**	95	79	58

* % of mango fruits have 0 (degree 0) or 1-5 (degree 1) anthracnose lesions on a mango fruit

** Spray with market-sold-fungicide one time, and with borax 5000ppm next time.

化學藥劑使用

芒果炭疽病化學藥劑防治工作一直被農友視爲芒果生產期中最重要的一個工作，往往一個生產季的噴藥次數超過十次以上，若加上陰雨季節補噴次數，噴藥次數更可達十五至二十次之多，而每次每公頃施藥約需 800-1200 元的殺菌劑費用及噴藥工資，因此使得芒果生產成本一直無法壓低，尤其近年來消費者對農藥的不當使用非常敏感，已難接受頻繁用藥的農產品，因此芒果炭疽病的化學藥劑防治應想辦法盡量降低用藥次數及藥劑量，慎選適當藥劑並於適當時機使用才能發揮化學藥劑的功用，也才能生產出優良品質的芒果果實。

根據九十一年版植物保護手冊登載推薦於防治芒果炭疽病之藥劑高達十八個之多，若包括 2003 年已通過之新藥則總數超過 20 個，如何選用適當之藥劑實爲一大學問，因爲芒果炭疽病菌在芒果樹上有不同型態存在，例如病斑上的分生胞子、發芽後的菌絲及潛伏於芒果上的附著器，三者間構造不同，對於同一種藥劑之反應也有差異，1995 年以植保手册推薦之殺菌劑及稀釋倍數配製藥液處理生長在玻璃紙 (cellophane) 上之附著器半小時後再以無菌水洗淨後置於 PDA 上經七天，發現腈硫醌、鋅錳邁克尼、鋅錳乃浦 (80 % WP) 、甲基鋅乃浦、錳乃浦及貝芬錳等可完全

殺死附著器，但是腐絕快得寧、待克利、嘉賜貝芬及撲克拉錳則無法（表三）。顯見不同藥劑具有不同的殺菌機制，無法適用於任何型態的病原構造之殺滅上，因此田間防治時，若是在天候良好且無游離水存在下，病原菌以分生胞子或是附著器存在時，應使用腈硫醌、鋅錳邁克尼、鋅錳乃浦 (80 % WP) 、甲基鋅乃浦、錳乃浦及貝芬錳等藥劑較爲有效。套袋前使用的殺菌劑種類也會影響採收後炭疽病發生，試驗結果以貝芬錳效果最好催，催熟後六天仍有 82 % 果實上之病斑數仍在 0 至 5 個之間，次之爲甲基鋅乃浦、錳乃浦、鋅錳邁克尼及撲克拉錳（表四）。但爲了同時防治芒果蒂腐病，套袋前除了選用前述藥劑外，尙應同時使用對蒂腐病有效之藥劑，經初步結果顯示目前已推薦於芒果炭疽病之藥劑以賽普護汰寧、亞托敏及撲克拉錳之效果較佳。

田間其他管理

使用有益微生物作爲病害防治藥劑，是全世界的一個夢想，希望藉由添加少量的拮抗菌便能維持長期效果，如此不僅能降低農藥使用，而且可降低生產成本。已故台大植病系莊再揚教授與農試所安寶貞博士合作，以香蕉上分離出對炭疽病菌有拮抗效果的九株細菌與酵母菌株用於田間，測試其對芒果炭疽病的防治效果，發現酵母菌株 Y 24-8(*Pichia ohmeri*) 在芒果開花時噴於花穗上能顯著提高著果率；套袋前將 Tp-Tu311(*Bacillus subtilis*) 、 TN-S221(*Pseudomonas fluorescens*) 及 Y 24-8 (*Pichia ohmeri*) 噴於芒果果實上，較殺菌劑 Bavistin(巴斯汀）或 Bavistin+oil 更能減少採收後果實炭疽病的發生率 [9] 但尙無實用性。筆者使用分離自木瓜之細菌菌株 B 20-1 與 Y 26-1 懸浮液浸沾採收後芒果果實，雖然拮抗微生物可以表現出抑制炭疽病般的效果，但仍無法獲得令人滿意的效果（表五）。

炭疽病傳播主要藉由水分，分生胞子發芽需要有六小時以上的游離水存在 [6,8] ，或是因爲昆蟲囓咬傷口增加感染機會，因此想要減少田間感染機會，便應減少上述情形產生，例如水的供應盡量不要使用樹冠噴水方式，若難以避免應選在晴天有風的時間噴水較好，讓游離水無法於樹上留超過六小時。抽新梢前就應噴灑殺蟲劑將田間的浮塵子等害蟲密度降低，避免取食新梢的傷口成了炭疽病侵入的好管道。適當整枝修剪清除病組織，使園區通風及日照良好，減少濕氣累積。適當防治害蟲多施用有機肥增強芒果樹的生長勢，也是增強抗病力的好方法。發展芒果溫網室內栽培方法，以塑膠布遮蔽雨水傳佈炭疽病菌的分生胞子，可以在網室內生產完全不使用化學藥劑的愛文芒果，這也是一個新趨勢。

表三、不同殺菌劑對芒果炭疽病菌附著器再發芽生長之影響

Table 3. The effect of different fungicides on the appressorial germination and growth of mango anthracnose pathogen.

FUNGICIDES (殺菌劑)	DILUTION TIMES (稀釋倍數)	RESULTS (結果)
53% Thiabendazole+Oxine-copper WP (腐絕快得寧)	1200X	+**
42.2% Dithianon FP (腈硫醌)	1200X	−***
10%Difenoconazole WP (待克利)	800X	+
62.25% Myclobutanil + Mancozeb WP (鋅錳邁克尼)	600X	−
43% Kasugamycin WP (嘉賜貝芬)	1000X	+
50% Prochlorate Manganese WP (撲克拉錳)	6000X	+
80% Mancozeb WP (鋅錳乃浦)	400X	−
70% Propineb WP (甲基鋅乃浦)	400X	−
80% Maneb WP (錳乃浦)	400X	−
74% Carbendazim + Maneb WP (貝芬錳)	500X	−
30% Mancozeb WP (鋅錳乃浦)	600X	−
Water (水)		+

* The cellophane with appressoria grown on were dipped into fungicides solu tion for 30 minutes and then washed with sterile water twice. Put one cello phane on the fresh PDA plates, and observe the result of growth.

** + :Have good hypha growth and sporulation

*** − :No hypha growth and sporulation

表四、套袋前施用不同殺菌劑對愛文芒果果實炭疽病之防治效果

Table 4. The protective effect of different fungicides spraying for Irwin mango fruits anthracnose before bagging

Treatment	% of acceptable mango fruits*		
	4 days after ripening	6 days after ripening	7 days after ripening
10%Difenoconazole WP 800X（待克利）	69	44	37[4]
62.25% Myclobutanil + Mancozeb WP 600X（鋅錳邁克尼）	85[3]	50[4]	30
43% Kasugamycin WP 1000X（嘉賜貝芬）	60	20	35
50% Prochlorate Manganese WP 6000X（撲克拉錳）	75[4]	45[5]	40[3]
80% Mancozeb WP 400X（鋅錳乃浦）	65	35	20
70% Propineb WP 400X（甲基鋅乃浦）	95[2]	70[2]	60[1]
80% Maneb WP 400X（錳乃浦）	70[5]	60[3]	45[2]
74% Carbendazim + Maneb WP 500X（貝芬錳）	96[1]**	82[1]	32
30% Mancozeb WP 600X（鋅錳乃浦）	45	33	33[5]
Borax 5000ppm（硼砂）	50	35	30

＊ % of mango fruits have 0 (degree 0) or 1-5 (degree 1) anthracnose lesions on a mango fruit

＊＊ The number present the ordinal number of fungicides according to the protective effect.

表五、拮抗微生物及不同田區對愛文芒果炭疽病之影響

Table 5. The effect of antagonists and different fields to Irwin mango fruits anthracnose.

Mango fruits from	Treatment			
	B 20-1	Y 26-1	B 20-1 + Y 26-1	Water
Experiment Fields	40*	50	50	25
Market A	60	65	65	40
Market B	70	80	80	60
Market C	60	70	75	55

* The number is the acceptable fruits (0-5 lesions on a fruit) percentage of 20 fruits 6 days after ripening.

採收後溫水處理

經過田間完善的管理後，才能採收到優質的芒果果實，但是往往在採收後二至三天，炭疽病病班便會出現果皮上，而減低芒果果實的價值，使得田間數個月的努力都浪費了；採收後處理目的之一在於延遲作物採收後病害的發生，延長櫥架壽命，增加商品販售價格。已發展使用於採收後作物病害控制的方法，包含有藥劑處理 (19,20,35) 、覆蠟、誘引抗性、放射線、生物防治及熱能處理等方式，其中以化學藥劑如 EDB 、 benomyl 及 Prochloraz 等化學物質直接處理採收後蔬菜果實最爲人熟知，也是目前被認爲最有效的方法；但是隨著消費意識高漲後，對於採收後處理藥劑殘留的恐懼，以化學藥劑處理採後作物已難再被接受；其他方法如放射線 γ -ray 照射之安全性也受到質疑無法被接受，而使用微生物生物防治與 UV-C 或 Chitosan 的誘引抗性尚無法獲得一致的結果。低溫或高溫的熱能處理近十年來快速發展，尤其是溫水處理或是配合藥劑之處理的研究蓬勃發展，特別是採收後炭疽病的防治上已有長足進步。下文將介紹溫水處理的發展概況及台灣應用現況。

溫水處理技術是熱能 (heat treatment) 處理方式之一，一般熱能處理可分爲溫水處理 (Hot water treatment) 、蒸熱處理 (Vapor heat treatment) 、微波處理 (Microwave treatment) 、紅外線處理 (Infrared radition treatment) 及乾熱處理 (Hot dry air treatment) 等多種方式，其中只有溫水及蒸熱處理較具商業價值 [18] ，而蒸熱需要較昂貴的設備，目前多用於檢疫病蟲滅除以符合輸入國檢疫要求使用，如台灣現用於輸日芒果果實東方果實蠅蟲卵滅除，須經蒸熱處理，以熱蒸氣將果心溫度提升至 46.2 °C並維持 30 分鐘後再降溫 [10] ，全程耗時甚長雖能殺滅果實內之東方果實蠅，但對於炭疽病菌附著器並無殺除效果 [12] 。溫水處理除可以應用於殺菌之外，也可以使用於害蟲的殺滅，作爲許多蔬果花卉檢疫害蟲處理 [26、39、40] ，並且可以增強果蔬對低溫的忍受性 [23、28、36] 及切花瓶插壽命等 [16] ，用途非常廣泛。

根據 Schirra, M. et al 2000 年 [36] 之整理，熱處理可以應用於病害的滅除之原因如下 (一) 熱能具有癒傷功能，在稍高溫下可以使採收時所造成傷口癒合，減少病原菌的侵入機會 [25] ，因而可以減少罹病。如將傷口接種的檸檬果實置於 32 °C環境下三天，可以有效降低綠黴菌 (*Penicillium digitatum*) 感染的情形，此種溫度並無抑制病原菌生長的能力，其作用主要是促進傷口癒合，間接使病原菌無法侵入所致。(二) 熱能直接殺死了病原或害蟲，或是因爲溫水處理時連帶將蔬果外的病原菌或是蟲體或蟲卵清洗掉，而使病蟲害降低。溫水處理之受重視主要是其能在短時間內殺死表層感染的病原，例如 50 °C溫水處理兩分鐘便能有效將植物表層 5 ㎜內的病原菌殺死，此對於僅潛伏於果實表面的炭疽病菌來說是極爲敏感的，但對於潛伏於較深層的蒂腐病菌則較無法發揮實用價值。(三) 溫水處理可以使植物產生抗生物質抑制病原菌或是產生物理屏障阻隔病原。(四) 溫水處理的熱能可以增加化學藥劑的效力而減少化學藥劑之使用量 [32、34、37] 。(五) 熱能處理可以使採收後植物表面破裂的角質層之臘片溶化並重新平舖於植物表面，將氣孔、皮孔與傷口蓋住，使病原難以侵入或減緩病徵出現 [31] 。但是熱能處理並非對於所有作物都能發揮保護作用，例如熱能處理可以延緩蕃茄老化，因此可以使病害延緩，但是對於酪梨及芒果則有相反作用，會有加速老化及抗菌物質崩解的現象，因此若是熱能處理無法直接殺死病原菌，將會加速採收後病害的發生 [36] 。

溫水處理技術在廿世紀初便使用於採收後病害防治， 1922 年便用於番茄及柑橘疫病菌的處理，到了 1953 年又被提出使用於木瓜炭疽病 (44-49 °C /20 分鐘) 及桃褐腐病 (Brown rot) 之採收後防治上 [27、36] ；此後研究人員陸續進行多種蔬果甚至花卉處理上 [36] ；自廿世紀中葉以後化學藥劑發展快速，溫水處理的效果及經濟性漸被化學藥劑處理所淘汰及取代，因此溫水處理之研究漸不被重視，直到廿世

紀末一、二十多年消費及環保意識抬頭，不能再接受化學藥劑直接使用於採收後即可食用蔬果病害防治上，使用簡單物理熱能處理滅菌方式漸漸的又受到重視。

利用溫水處理抑制病害腐爛所需熱能較之殺滅害蟲、病毒及癒傷所需者低，主要原因乃是引起腐爛的微生物大多位於植物表面或是表面數層細胞而已，較易受到熱能之影響 (15) 。雖然同一病原菌對於熱能反應相似，但是有效處理時間及溫度之擬定與病原菌的胞子大小、水分含量，及病原菌的生理活性、化學組成，甚至溫水處理時之水都有相關 (15) ，更與寄主狀況及種類有關，必須根據病原菌的致死性與植物體忍受性而調整到可以在短時間處理且有效的處理條件，但又不傷及植物的處理條件，例如 Reyes et al(33) 發現 45 °C /20 min 溫水處理香蕉可以將軸腐病罹病率自 100 %降至 15 %以下，溫度提高至 50 °C則罹病率降至 3 %以下，但是將溫度提高為 55 °C處理 10 分鐘以上則會使香蕉表皮燙傷並且不會軟熟。一般在休眠狀態下的病原菌較發芽或生長的菌體來得耐熱，例如 *Alternaria tenuis* 的休眠胞子無法以 42 °C溫水殺死，但發芽胞子則可以。

溫水處理除了對病原菌造成影響外，也會對寄主造成如下之影響，如改變成熟度、果實顏色及水解質滲露、糖代謝、乙烯形成、果膠分解及對病原的罹病度。菌體不同時期對熱的敏感度不同，尋找處理條件時應以耐熱最強的構造為準；芒果炭疽病菌最具抵抗力的是附著器，測試溫水處理條件時應以附著器為對象，將炭疽病菌分生胞子塗佈於玻璃紙 (cellophane) 發芽產生菌絲並乾燥使其形成附著器，將玻璃紙上之菌體浸入不同溫水中而測得完全殺死附著器的溫度應用於芒果果實上可以得到較準確的結果 (12) 。

處理後蔬果水分的散失是溫水處理的一個缺點，但是可以利用塑膠膜先包覆果實或者於處理後再包覆而減少水分散失 (34) ，並且不影響熱能之交換，也不會造成果實間的相互感染 (15) 。

台灣有關溫水處理抑制芒果炭疽病發生之研究始見於 1975 年張振亩氏 (7) ，以 52 至 54 °C的溫水處理愛文芒果果實 10 至 30 分鐘後，或是以 56 °C溫水處理 5 至 10 分鐘後，經七天後每顆果實上炭疽病病斑面積未超過全果表面積四分之一的有效果實數之百分率，遠比未處理者高，而且這些溫水處理並不會造成果實之傷害；但他認為溫水只能抑制已發病病斑繼續擴展，而無法完全抑制潛伏之病原菌。謝慶昌氏 (13) 將較低成熟度的愛文芒果以 55 °C處理 5 分鐘，可以有效抑制炭疽病發生且不傷果實品質。 1997 年我們先直接探討溫水對炭疽病菌的影響，以不同溫度熱水處理生長在玻璃紙上的芒果炭疽病菌，包括其分生胞子、菌絲與附著器等五分鐘，發現在 49 °C以上即能完全抑制其再生長之能力。再以臺農一號芒果果實進行溫水處理對炭疽病抑制效果測試，發現以 53 °C溫水處理 5 分鐘取出降溫並催熟一天

後，置於 28 °C /RH 85 %之生長箱中觀查發病狀況，三次重複試驗結果皆極穩定。處理後四天，每果實出現不超過三個病斑者，三次試驗之處理組分別爲 90 %、100 %、96.7 %，而未處理者分別爲 34.5 %、5 %、43.3 %；果實完全無病斑者，處理組分別爲 56.7 %、85 %、86.7 %，未處理者分別爲 24.1 %、0 %、23.3 %。處理後 7 天時，未超過三個病斑之果實三次試驗之處理者分別爲 53.3 %、85 %、63.3 %，而對照組三次皆爲 0 %；果實完全無病斑者，處理組分別爲 40 %、25 %和 6.7 %，但對照者皆爲 0 %。（圖二）處理七天後，對照組每果實之平均病斑數爲 23.4 、26.7 及 15.2 個，而處理組則分別爲 2.7 、2.2 及 5.3 個。溫水處理後果實外表無劣化；第三次試驗在第十二天後所測醣度，處理及對照分別爲 25.3 及 22.2 brix[12] 。1998 年農試所鳳山分所果樹系林瑩達氏與廠商合作連續式溫湯處理機，改以 60 至 65 °C更高溫瞬間處理方式利用輸送帶帶動單層果實經上沖下淋溫水區，對炭疽病獲得不錯之控制，每小時處理量達 600 公斤。同時間嘉義分所另與廠商配合設計小型溫水處理器，是採用整籃芒果浸入溫水槽方式，並採用程式控制達到快速回溫及均溫，每小時之處理量約達 2 公噸，但是需要至少 4 名人力以上。2002 年起嘉義分所與三群有限公司進行產學合作，以小型溫水處理器爲基礎，發展大型自動化溫水處理器，並技術轉移三群有限公司製造供應外銷集貨場處理大量芒果所需，該機器若以 60 °C溫水處理芒果，處理時間約爲 20 秒鐘，每果籃爲 50 公斤計算，每小時處理量可達 3-4 公噸以上，並可按需求再擴增一至二個溫水處理槽，使處理能量立即擴增，並且將原有人力提舉果籃之動作改以機器自動進行，並且以蒸氣鍋爐供應熱源使得溫水處理動作不需等待，能連續進行（圖三）並具有降低炭疽病發生之效果（圖四），對於外銷芒果處理幫助頗大。

芒果使用溫水處理雖然可以有效降低或延緩炭疽病之發生，以彌補田間防治之疏忽，但是稍有不慎也會造成熱傷害，例如土芒果（柴樣芒果）在 58 °C /20 sec 時即發生熱傷害，且在該溫度及時間處理下經六天有 65 % 之果實出現病斑，其抑病效果不佳，因此不推薦將高溫瞬間處理使用於柴樣芒果，若欲使用溫水處理於柴樣，建議使用本分所已發展小型溫水處理器進行 53 °C /5 分鐘的處理，利用較低溫度但長時間處理減少熱傷害發生並且有效殺死炭疽病菌。不同的芒果品種對高溫忍受性都有些許不同，甚至同一品種不同栽培者與栽培地區或是不同成熟度都會有些差異，澳洲昆士蘭主要芒果品種 Kensington 芒果果實利用 47 °C蒸熱處理 15 分鐘以除去昆士蘭果實蠅常會造成皮孔黑點及表皮褐化現象，Jacobi & Giles[24] 發現先進行 53 °C /5 min 溫水處理後再蒸熱可以減少熱傷害，但若是下雨後採收的果實則較容易熱傷害。因此不能冀望所有果實都能適應同一處理條件，必須在大量處理前遵守研究人員建議並以少量果實進行測試後方能進行後續處理動作。

圖一、田間不同施藥處理愛文芒果果實催熟後六天之結果，上為完全使用殺菌劑，左下為完全使用硼砂200倍，右下為使用硼砂200倍與殺菌劑輪用。

Fig. 1. The 6 days result after ripening of different field spraying Irwin mango fruits Top ： spray with fungicides Left bottom ： spray with 200 × boron solution Right bottom ： spray with fungicide and 200 × boron solution rotatory

圖二、台農一號芒果經53℃溫水處理5分鐘後七天後炭疽病發病情形

Fig. 2. The result of 7 days after 53 °C /5 min hot water treatment of Tainung No. 1 variety mango fruits for decreasing anthracnose lesions.

圖三、浸入式自動化溫水處理器

Fig. 3. Immersed Auto-hot-water-bath machine

圖四、凱特芒果經60℃溫水處理並冷藏於12℃下20天之結果。
左為對照未溫水處理，中為經60℃/20秒溫水處理，右為經60℃/40秒溫水處理

Fig. 4. The 20th day result after 60 °C hot water treatment of Keitt mango stored under 12 °C. Left: check without hot water treatment Middle: 60 °C /20 sec hot water treatment Right: 60 °C /40 sec hot water treatment

結　論

芒果炭疽病的防治工作，目前雖然還是以化學藥劑爲主，但是比之十年前，整個產業的藥劑使用已有明顯的降低，尤其是農民及消費者越來越能接受提早套袋雖會降低芒果的著色但是安全的事實，加上地面覆蓋、改用抗病品種以及對芒果炭疽病發病生態的了解，知道如何減少感染以及在適當時機使用適當藥劑，使得芒果炭疽病的防治工作越來越有朝向低化學藥劑使用的可能。雖然到目前爲止，還沒有任何一種方法能夠完全取代化學藥劑的使用，而能得到相同的芒果品質，但因爲果農已漸能接受應當同時採用多種方法進行炭疽病防治工作，不再只執著於農藥防治方法，所以芒果炭疽病的防治應當是近年來台灣果樹產業最成功的綜合管理範例；在 1998 年時整個芒果炭疽病研究團隊已根據研究成果擬訂出台灣外銷芒果的防治流程 (1) ，提供農友作爲防治參考，爲芒果炭疽病綜合管理立下標竿，其流程如下：1. 於果實採收後進行修剪與清園工作，以降低病原菌密度；並砍除與矮化果園內高大樹種，有利病蟲害防治作業。2. 施用有機質、鈣、硼物質，以增強果樹抗病性。3. 地面以黑色不織布或其他質材覆蓋以阻斷土壤表面病原菌之飛濺，並可同時防除雜草。4. 萌新梢時，全園施用波爾多液等銅劑二至三次，降低病原菌密度。5. 花期與幼果期加強病蟲害防治，並行外銷供果園之初選。6. 勸導農民早期套袋，果實於拇指大時進行疏果後套袋，或於生理落果停止後立即套袋，套袋前施藥，套袋後需修剪果樹，讓套袋果接受充足日照。7. 正式採果前 1-1.5 月預採果實，每果園隨機採 20-25 粒果實調查。果實採收後，除去紙袋，經噴佈 39.5% 益收生長素 3000 倍稀釋液，或浸漬於生長素溶液中 5 分鐘，處理後之果實覆蓋報紙。果實轉色變紅後，調查第 9-12 天之罹病果實率，凡炭疽病發病率在 20% 以下，蒂腐病在 10% 以下，得選爲『外銷日本之正式供果園』。外銷其他地區之檬果，可仿銷日檬果處理。8. 果實於八分熟、或轉色時（九分熟）正式採果，但應避免在降雨時、或露水未乾時採果，以避免蒂腐病菌之發芽侵染。9. 果實清洗、分級後，經 46.5 °C（果核溫度）蒸熱處理 30 min 。10. 經 12-13 °C冷藏貨櫃船運（八分熟之綠熟果）或空運（九分熟之轉色果）至日本。

採收後溫水處理抑制或延緩炭疽病之發生雖能有彌補田間疏忽的功效，但是不能寄望單使用溫水處理便能消除所有炭疽病感染，田間管理若能做好再加上最後一道溫水處理，則可以使芒果的品質更臻理想，另者溫水處理對於蒂腐病之採後處理效果不佳，因此必須同時加強田間蒂腐病防治的研究工作，使採收果實蒂腐病罹病率降至最低，方能使台灣芒果能利用海運進行長距離運輸降低輸出成本。

今後台灣尚應加強抗病育種工作，選育出優質抗炭疽病及蒂腐病的芒果品種，並加強遮雨設施下的生產技術研究及往非農藥防治生產體系努力，冀望將來台灣芒果產業能達到無農藥使用之境界。Obagwu & Korsten[30] 在 2003 年爲溫水處理提出一個新方向，將溫水處理融合生物防治菌及重碳酸鈉化學物質共同使用於柑橘青黴與綠黴病的採後防治，應當也是台灣努力的一個方向。

引用文獻

1. 安寶貞、呂理燊、莊再揚、高清文。1998。套袋與地面覆蓋對檬果炭疽病與蒂腐病之防治效果。植物病理學會會刊 7 ： 19-26 。
2. 呂理燊、安寶貞、莊再揚、楊秀珠、楊宏仁、高清文。1998。檬果炭疽病預先偵測技術之開發及田間非農藥防治。園藝作物病害暨防治研討會專刊 29-50 。
3. 呂理燊、楊秀珠、簡和順、曾錫恩。1988。檬果對炭疽病之抗病測定。植物保護學會會刊 30 ： 337-348 。
4. 邱再發。1990。微量元素之功能與毒害。於：張林仁（主編）果樹營養與果園土壤管理研討會專集 p35-43. 臺灣省臺中區農業改良場特刊第 20 號
5. 翁豐嶽、莊再揚。1995。台灣芒果炭疽病菌之分群。植物保護學會會刊 37 ： 295-309 。
6. 翁豐嶽、莊再揚。1997。芒果炭疽病菌胞子發芽之營養需求及胞子外泌物之特性。植物病理學會會刊 6 ： 17-24 。
7. 張振宙。1975。愛文檬果溫水處理試驗。台灣農業 11(2):69-78 。
8. 莊再揚。1997。影響芒果炭疽病菌附著器形成與發芽之因子。植物病理學會刊 6 ： 41-48 。
9. 莊再揚、安寶貞。1997。芒果炭疽病之生物防治。植保會刊 39 ： 227-240 。
10. 黃肇家。1991。台灣近年水果採後處理技術之開發與研究。台灣果樹之生產及研究發展研討會專刊 p.117-129 。
11. 楊宏仁。1999。炭疽病之抗病測定及非農藥防治。芒果綜合管理，p.117-121，台中。
12. 楊宏仁、林瑩達。1997。溫水處理對臺農一號芒果採後炭疽病之防治效果。植保會刊 39:241-249 。
13. 謝慶昌。1990。愛文芒果後熟生理與採收後處理之研究。台大園藝所博士論文。P.65-173 。
14. Agarwala,S. C.,Nautiyal, B. D.,Chatterjee, C. and Sharma, C. P. 1988.

Manganese, zinc and boron deficiency in mango. Scientia Horticulturae 35:99-107.

15.Barkai-Golan, R. and Phillips, D. J. 1991. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. Plant Disease 75:1085-1089.

16.Chantrachit, T. and Paull, R. E. 1998. Effect of hot water on red ginger (*Alpinia purpurata*) inflorescence vase life. Postharvest Biology and Technology 14:77-86.

17.Conway, W.S., Sams, C.E., Abbott, J.A., and Bruton, B. D.1991. Postharvest calcium treatment of apple fruit to provide broad-spectrum protection against postharvest pathogens. Plant Dis. 75:620-622.

18.Couey, H. M. 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. HortScinece 24: 198-202.

19.Eckert, J.W. and Ogawa, J. M.1988. The chemical control of postharvest diseases: Deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops. Ann. Rev. Phytopathol. 26:433-469.

20.Eckert, J.W. and Sommer, N.F. 1967. Control of diseases of fruits and vegeables by postharvest treatment. Annu. Rev. Phytopathol. 5:391-432.

21.Fitzell, R. D., and Peak, C. M. 1984. The epidemiology of anthracnose disease of mango: Inoculum sources, spore production and dispersal. Ann. Appl. Biol. 104:53-59.

22.Fitzell, R. D., and Peak, C. M. 1988. Management strategies for control of anthracnose and bacterial black spot of mango in Northern New South Wales. Acta Hortic. 231 : 513-517.

23.Hofman, P. J., Stubbings, B. A., Adkins, M. F., Meiburg, G. F. and Woolf, A. B. 2002. Hot water treatments improve 'Hass' avocado fruit quality after cold disinfestations. Postharvest Biology and Technology 14:77-86.

24.Jacobi, K. K. and Giles, J. E. 1997. Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.) fruit following combined vapour heat disinfestation and hot water disease control treatments. Postharvest Biology and Technology 12 : 285-292.

25.Jacobi, K. K., MacRae, E. A. and Hetherington, S. E. 2000. Effects of hot air conditioning of 'Kensington'mango fruit on the response to hot water treatment. Postharvest Biology and Technology 21 : 39 - 49.

26.Jacobi, K. K., MacRae, E. A. and Hetherington, S. E. 2001. Postharvest heat disinfestations treatments of mango fruit. Scientia Horticulturae 89 : 171-193.

27.Lichter, A., Dvir, O., Rot, I., Akerman, M., Regev, R., Wiesblum, A. and Fallik, E. 2000. Hot water brushing: an alternative method to SO_2 fumigation for color retention of litchi fruits. Postharvest Biology and Technology 18: 235 - 244.

28.Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. Postharvest Biology and Technology 14 : 257-269.

29.Neeta, S., Singh, R. P. and Khan, A. M. 1988. Effect of boron on the development of *Sphaerotheca fuliginea* on bottle gourd. Acta Botanica Indica 16:99-100. Abstract in :RPP. 1991,70:304

30.Obagwu, J. and Korsten, L. 2003. Integrated control of citrus green and blue molds using *Bacillus subtilis* in combination with sodium bicarbonate or hot water. Postharvest Biology and Technology 28:187 - 194.

31.Porat, R., Daus, A., Weiss, B., Cohen, L., Fallik, E., and Droby, S. 2000. Reduction of postharvest decay in organic citrus fruit by a short hot water brushing treatment . Postharvest Biology and Technology 18 : 151 - 157.

32.Prusky, D., Fuchs, Y., Kobiler, I., Roth, I., Weksler, A., Shalom, Y. and Fallik, E. 1999. Effect of hot water brushing, prochloraz treatment and waxing on the incidence of black spot decay caused by *Alternaria alternata* in mango fruits. Postharvest Biology and Technology 15:165 - 174.

33.Reya, M. E. Q., Nishijima, W. and Paull, R. E. 1998. Control of crown rot in 'Santa Catarina Prata' and 'Williams' banana with hot water treatments. Postharvest Biology and Technology 14:71-75.

34.Rodov, V., Agar, T., Peretz, J., Nafussi, B., Kim, J. J. and Ben-Yehoshua, S. 2000. Effect of combined application of heat treatments and plastic packaging on keeping quality of 'Oroblanco' fruit (*Citrus grandis* L. × *C. paradise* Macf.)

35.Roy, S. K. and Joshi, G. D. 1988. An approach to integrated post-harvest handling of mango. Acta Horticulturae 231:649-661.

36.Schirra, M., D'hallewin, G., Ben-Yehoshua, S. and Fallik, E. , 2000. Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. Postharvest Biology and Technology 21: 71 - 85.

37.Spalding D. H. and Reeder, W. F. 1986. Decay and acceptability of mangos treated with combinations of hot water, imazalil, and γ -radiation. Plant Disease 70: 1149-1151.

38.Volpin, H. and Elad, Y. 1991. Influence of calcium nutrition on susceptibility of rose flowers to *Botrytis* blight. Phytopathology 81, 1390-1394.

39.Tsang, M. M. C., Hara, A. H. and Sipes, B. 2003. Hot-water treatments of potted palms to control the burrowing nematode, *Radopholus similes*. Crop Protection 22 : 589-593.

40.Wang, S., Tang, J. and Cavalieri, R. P. 2001. Modeling fruit internal heating rates for hot air and hot water treatments. Postharvest Biology and Technology 22:257-270.

Abstract

Yang, H. R., Ann, P. J., Chuang, T. Y., Leu, L. S.,Yang, H. C., Lin, Y. T. and Kao, C. W. 2003. The integrated management of mango anthracnose and evaluation of hot water treatment after harvesting. p.61-82. *in*: Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan.

Latent infection is the significant feature of mango anthracnose , there is no visible symptom on the mango fruits surface when infection is happened after small fruits stage. It's difficult to recognize which fruit was healthy when the mango fruits were harvested till the fruits were ripen. The integrated management methods for mango anthracnose, including resistant variety, bagging, mulching, spraying of calcium, boron, antagonists and chemicals, have developed to decrease the anthracnose disease incidence less than 20 % in Taiwan . Hot water treatment was developed to offset the loss during the field managements. The fruits of Tainung No. 1 variety were dipped into the 53 °C hot water for 5 minutes can increase the 53-85% of fruits with less than 3 lesions more than check fruits. Hot water treatment can decrease or retard the anthracnose lesions. A new auto machine has developed for hot water treatment can control the water temperature precisely and quickly with the capacity of 3-4 tons per hour by the treatment of 60 °C for 20 seconds. It's helpful for the treatment of exported mango fruits of Taiwan.

(Key words: mango anthracnose, integrated management, hot water treatment)

以性費洛蒙／誘引劑爲基礎之楊桃害蟲綜合管理

黃振聲
台中縣　行政院農委會農業藥物毒物試驗所應用毒理組

摘　要

楊桃是台灣的特產，果實呈星狀別緻，果肉多汁可口，頗爲國人喜愛，部分則運銷國外。目前楊桃栽培面積約 1,738 公頃，年產量約 2.7 萬公噸，產值約 4.8 億元新台幣。台灣之楊桃害蟲種類有報導者約 20 餘種，較常見者大概 10 種。近年來爲害普遍且嚴重，必需採取防治措施的關鍵害蟲，主要有花姬捲葉蛾、東方果實蠅、葉蟎類及柑桔粉介殼蟲等四種。本文針對數種關鍵害蟲的發生時期、爲害習性、生活史及田間生態等做簡要描述，並摘要各害蟲的不同防治管理技術，尤其是花姬捲葉蛾與柑桔粉介殼蟲的性費洛蒙及東方果實蠅的雌、雄性誘引劑與相關應用技術均已成熟，已可利用做爲楊桃害蟲綜合管理之基本應用技術。另外，對於未來台灣果樹實施害蟲綜合管理計畫宜加強與改進之處，亦提出討論，以供參考。

關鍵詞：楊桃、性費洛蒙、誘引劑、害蟲綜合管理。

前　言

楊桃 (*Averrhoa carambola L.*) 屬酢醬草科常綠性灌木類果樹，又名星果、羊桃、五稜子、五斂子，英名 carambola 、 star apple (fruit) 或 five corner(41, 57) 。原產於亞洲南部，大約在馬來西亞半島至摩洛加群島一帶，屬熱帶或亞熱帶低地生長的常綠果樹 (7) ，相傳台灣於清朝始自廣東、福建等地引入種植，原作為庭園觀賞之用，早期楊桃因酸澀不適口，品質低劣，而無商業性栽培 (41, 56) 。民國 50 年代間，優良實生變異品系 " 二林 " 、 " 蜜絲 " 、 " 秤錘 " 及其他品系陸續出現，品質改良，逐漸有商業性栽培，民國 54 年楊桃栽培面積僅為 134 公頃，楊桃果實呈星形別緻，果肉多汁可口，除供生食外，尚可製造果汁、果漿、蜜餞、果酒與果醋等加工品，頗為國人喜愛，民國 75 年栽培面積曾達高峰為 3,054 公頃，主要分布於苗栗、台中、彰化、台南及屏東等地區，近年來亦有外銷國外的記錄，惟因受 WTO 開放進口水果的衝擊，民國 90 年栽培面積降為 1,738 公頃，年產量約 2.7 萬公噸，產值約 4.8 億元新台幣 (1, 2, 41) 。

楊桃害蟲已知者有 20 餘種 (7, 10, 11, 12, 14, 15, 36, 37, 43) ，包括：為害樹幹及枝條的膠蟲 (Lac insect, *Kerria lacca* (Kerr)) 、斑星天牛 (White spotted longicorn beetle, *Anoplophora maculata*(Thomson)) 、咖啡木蠹蛾 (Coffee leopard moth, *Zeuzera coffeae* Niether) ，為害葉片及新枝梢與花穗的葉蟎 (Mites) 、柑桔粉介殼蟲 (Citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso)) 、淡圓介殼蟲 (Coconut scale, *Aspidiotus destructor* Signoret) 、小白紋毒蛾 (Small tussock moth, *Orgyia postica* (Walker)) 、台灣黃毒蛾 (Taiwan yellow tussock moth, *Euproctis taiwana* (Shiraki)) 、鳥羽蛾 (*Diacrotricha fasciola* Zeller) 、香蕉花薊馬 (Flower thrip, *Thrips hawaiiensis* (Morgan)) 、杜鵑粉蝨 (*Odontaleyrodes rhododendri* Takahashi) 、龐達巢粉蝨 (*Paraleyrodes bondari* Peracchi) 、台灣青銅金龜 (Green beetle, *Anomala expansa* Bates) 、赤腳青銅金龜 (*Anomala cupripes* Hope) 、白點花金龜 (*Protaetia orientalis* Gouy et Perchelon) 、大桔蚜 (Tropical citrus aphid, *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy)) 、大避債蛾 (Giant bagworm, *Eumeta preyeri* (Leech)) 、綠葉蟬 (Mango green leafhopper, *Idioscopus clypealis* (Lethierry)) 、褐葉蟬 (Mango brown leafhopper, *Idioscopus niveospar sus* (Lethierry)) ，為害果實的花姬捲葉蛾 (Carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick) 、粗腳姬捲葉蛾 (*Cryptophlebia ombrodelta* Lower) 、螟蛾 (*Sylepta* sp.) 、東方果實蠅 (Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel))

等。調查青果集貨場裝箱楊桃含蟲害種類（表一），目前農民經常需要施藥防治的關鍵害蟲 (Key insect pests) ，只有花姬捲葉蛾、東方果實蠅、葉蟎及柑桔粉介殼蟲等四種。

表一、楊桃果實品質及含蟲率調查[1,2)]

Table 1. Survey on carambola fruit quality and pest-infested probability [1,2)]

Items	No. of fruits	Percentage (%)
Fruits with good looking	7,300	80.6
Fruits with injured (bad) looking	1,215	13.4
Fruits with insect-infested lesion	455	5.0
Fruits with live insect		
Bactrocera dorsalis larva	72	0.795
Planococcus citri nymph & adult	8	0.088
Eucosma notanthes larva & pupa	4	0.044
Cryptophlebia ombrodelta larva	1	0.011
Other moths larva	2	0.022
Total	9,057 (ca. 1,807 kg)	

[1)]Carambola fruits were come from Guei-Gou fruit collection site in Qwo-Shinq-Shiang of Taiwan Fruits Transportation and Marketing Cooperative. Carambola fruit was encased by paper bag with lower opening during fruit growing, and the sweetness is ca 7 to 8 Brix, and 70-100 fruits with 17 to 20 kg in weight were packed in a box.

[2)]259 carambola fruits from Jwo-Lan-Jenn with encased by sealed up bags during fruit growing were surveyed on Jan. to Mar., 1992, and the fruits with good looking, with injured looking, with insect-infested lesion were 64.1, 22.8, and 13.1%, respectively, and no alive insect was found.

本文就該四種關鍵害蟲的一般生物特性、為害習性與田間生態以及綜合管理技術分述於后，並簡述幾種次要或偶發害蟲的防治策略，再針對台灣果樹（楊桃）害蟲生態系的一些特性，提出未來台灣果樹害蟲研究及綜合管理計畫實施改進之淺見，提供先進、同道之參考。

花姬捲葉蛾

一、花姬捲葉蛾生物特性及爲害生態

花姬捲葉蛾 (*Eucosma notanthes* Meyrick) 屬鱗翅目捲葉蛾科 (Tortricidae)，係台灣楊桃關鍵害蟲之一，自 1985 年始有其相關研究報告，其寄主除楊桃外，在澳洲胡桃、柑桔等亦偶有發現，楊桃生育期間若無適當防治措施，果實被害率可達 40-95% ，對果農收益影響甚鉅 (5, 9) 。另有粗腳姬捲葉蛾及螟蛾 *Sylepta* sp. 的幼蟲會蛀食爲害楊桃果實，惟較少發現 (5, 15) 。

花姬捲葉蛾一年可發生 8 代，以 7 至 11 月間發生最多。成蟲於清晨交尾，雌成蟲於傍晚產卵，將卵產於楊桃果實表面上，楊桃幼果期至成熟期間，均可遭受其爲害。初產的卵呈白色，經 1～2 日轉爲紅色，每隻雌蟲平均可產 120 粒卵。幼蟲孵化後即鑽入果肉內蛀食爲害，在蛀孔外可見排出的褐色顆粒狀蟲糞，此與果實蠅幼蟲蛀食果肉呈水浸狀有異。老熟幼蟲則外出，於乾枯的枝葉、果實上、樹皮及枝幹間隙縫結繭化蛹。花姬捲葉蛾各蟲期發育所需時間主要隨溫度變化而異，在 25 ± 2 °C時，卵期爲 5.9 日，幼蟲期 18.4 日，蛹期 9.9 日，雌、雄成蟲壽命分別爲 17.4 及 14.9 日，完成一世代需時 30-40 日 (9, 13, 14) 。

二、害蟲綜合管理技術

1. 性費洛蒙利用：

花姬捲葉蛾性費洛蒙已被分離鑑定爲順八-十二烯醇乙酸酯 ((Z)-8-dodecenyl acetate, Z8-12:Ac) 及順八-十二烯醇 ((Z)-8-dodecenol, Z8-12:OH) ，兩者以 1:0.5 至 1:1.5 混合比例之誘蟲效果最佳 (16, 24, 28, 55) 。最佳誘捕系統爲含 0.5-1 mg 性費洛蒙橡皮帽誘餌搭配無色透明的三層式寶特瓶誘蟲器，誘餌之持效性長達 6 個月 (26) 。性費洛蒙在楊桃花姬捲葉蛾綜合管理之利用方式有以下三種方法 (17, 32) 。

(1)監測法 (18, 27) ：

可於楊桃園中設置 2-4 個含性費洛蒙誘餌的三層寶特瓶誘蟲器，懸掛於通風處，誘蟲器離地約 150 公分，誘蟲器間距離約 10-15 公尺。每週檢查花姬捲葉蛾之誘捕蟲數，作爲施藥防治與否的指標，一般當每週平均誘蟲數低於 5-10 隻時，可減少施藥防治次數。另外，也可比較施藥前與施藥後的誘捕蟲數，做爲施藥防治效果的參考。

1990-1992 年間曾於彰化縣員林鎮與苗栗縣卓蘭鎮楊桃園利用性費洛蒙監測花姬捲葉蛾族群發生情形，結果顯示兩地每年花姬捲葉蛾發生之趨勢相當一致，每年

4-6 月間蟲口密度較低，惟員林地區之蟲口密度（10-172 隻 / 誘蟲盒 / 週）較卓蘭地區者（< 60 隻 / 誘蟲盒 / 週）爲高，誘蟲數起伏亦較大，此與員林地區楊桃園的栽培管理較粗放有關。

(2)大量誘殺法[18]：

每分地楊桃園懸掛 4-8 個性費洛蒙誘蟲器，實施整年長期誘殺花姬捲葉蛾雄蟲，可有效降低其族群密度。曾於 1993-1997 年間於南投縣國姓鄉楊桃園中進行試驗，比較利用性費洛蒙大量誘殺之楊桃園與傳統施藥防治園兩者的花姬捲葉蛾族群密度，結果顯示花姬葉蛾發生每年出現兩個族群高峰 1-5 月及 9-12 月，於 5-9 月間密度較低。利用性費洛蒙進行大量誘殺雄蟲後，處理區每週每個誘蟲器平均誘蟲數僅爲 1.0-4.5 隻，傳統施藥防治園每週每個誘蟲器平均誘蟲數則爲 3.2-20.1 隻，性費洛蒙大量誘殺之楊桃園花姬捲葉蛾密度降低百分率達 75.5-89.4% 。又誘殺區的果實被害率介於 0.62-1.9% ，雖較傳統施藥防治區者稍高 (0-1.0%)，惟防治成本可大幅降低。

(3)交配干擾法[18, 29, 30]：

花姬捲葉蛾的性費洛蒙交配干擾劑，是由較高劑量的性費洛蒙 40-50 mg 裝填於橡皮帽而成，每公頃平均設置 1200 個干擾劑（總共約 50 g 性費洛蒙），使果園中充滿性費洛蒙的氣味，以混淆雌、雄蛾間交尾信息的溝通，而使交尾受阻而終老死亡。施用干擾劑時，需先清園或施用殺蟲劑以降低花姬捲葉蛾及其他害蟲的密度，再約每隔 3-4 公尺懸掛一個干擾劑，干擾劑懸掛高度約 150 公分，每分地以棋盤式懸掛 120 個干擾劑，果園周邊需加強增設干擾劑。交配干擾劑施用期間，可以監測用性費洛蒙誘蟲器監測干擾劑的有效性，如果誘蟲器誘捕不到雄蟲，則表示干擾劑發揮效用，反之，其作用則漸失效。另外，干擾劑施用期間，果園周邊宜視狀況施以藥劑，以防止受孕雌蟲由臨近果園入侵產卵爲害。

於 1990-1997 年間於苗栗縣卓蘭鎮楊桃園中進行試驗，比較利用性費洛蒙干擾劑行交配干擾法之楊桃園與傳統施藥防治果園，對花姬捲葉蛾防治之效果，結果顯示干擾劑持效性長達 5 個月，在干擾劑施用期間，僅使用殺菌劑而未施用殺蟲劑之干擾劑處理果園較傳統施藥防治果園的誘引抑制率及交尾抑制率，分別爲 94.6-100 % 及 48.0-96.3 % ，處理果園的果實被害率較對照果園減少 15.8-93.2 % 。

理論上施用性費洛蒙干擾劑，使田間 50% 雌性成蟲終生未能交尾而產卵爲害，即與施用農藥的殺蟲率 50% 的防治效果相當（假設農藥對蛀蟲類害蟲的卵、幼蟲及蛹具微小殺傷力）。田間藥劑防治試驗顯示，殺蟲劑每週施藥一次，連續施藥四至五次，其防治率約爲 55.2-71.4 %[27] 。施用性費洛蒙干擾劑即可獲得前述相似的防治效果，且其特效性可長達 5 個月。性費洛蒙干擾劑成本粗估爲 30 元 /

個，每公頃設置 1200 個交配干擾劑，則 5 個月防治資材之成本爲 36,000 元；以藥劑防治之成本估算，若每週施藥一次，則每公頃 5 個月之藥劑防治成本約爲 40,000 元，若再考慮每次施藥人工費用，則性費洛蒙干擾劑防治之成本將較傳統藥劑防治者再降低，估計 5 個月期間性費洛蒙干擾劑防治區的防治成本較傳統施藥防治區者減少一半。因此，若能以性費洛蒙爲主要管理技術，輔以其他防治技術，綜合應用以降低蟲源，將能更安全、有效地抑制花姬捲葉蛾對楊桃的危害，且可降低農藥對環境生態的衝擊。

2. 栽培管理：

套袋法 (8, 42)：花姬捲葉蛾與東方果實蠅是爲楊桃果實最關鍵的害蟲，可採行套袋法阻隔彼等爲害楊桃。在楊桃果實生長至約 5-6 公分時（開花後 30-40 日），配合疏果作業，進行果實套袋。套袋前宜徹底進行病蟲害防治，且待藥液乾燥後始行套袋，以免發生藥害；又套袋方式要合乎標準，袋口需緊縮束緊，以免介殼蟲等細小昆蟲由袋口縫隙入侵果實。

網室栽培 (42)：於南部地區曾嘗試以 10-12 網目的網室栽培楊桃，以阻隔花姬捲葉蛾與果實蠅危害，宜注意網室內授粉昆蟲適應問題，及網室通風、日照不良，果樹易生徒長枝，且易誘發葉蟎危害問題，又網室栽培成本較高，故網室栽培楊桃合適性有待繼續研究改進。

果園環境衛生 (10, 42)：楊桃園內地面常見滿佈落果，其中每一被害果內可能含一隻花姬捲葉蛾幼蟲或 10 餘隻果實蠅幼蟲，故地面被害果如無妥善處理，將成田間蟲源。因此，被害果或落果宜收集做適當處理，如能密封裝袋發酵成肥料或長期浸水，以殺死果實內之幼蟲，將可減少花姬捲葉蛾及果實蠅的孳生源。清除果園內被害果是相當有效降低果園害蟲族群密度方法之一，惟常因較費人力，農民未能確實執行，尤其是有些廢棄果園無人管理，成爲害蟲孳生繁衍場所，更是影響害蟲防治成效重要原因之一。

3. 藥劑防治 (7, 8, 27)：

室內藥效試驗結果顯示，一般殺蟲劑對剛孵化之初齡幼蟲皆有良好的毒殺效果，但當幼蟲蛀入果實內部爲害後，各種藥劑對果實內部的幼蟲之毒效即不理想，故藥劑防治時宜考慮適期施藥。目前推廣之防治藥劑爲 2.8 % 第滅寧 (Deltamethrin) 乳劑稀釋 1500 倍，每公頃每次使用量爲 0.7-1.0 公升，每隔 7-10 日施藥一次，採收前 6 日應停止施藥。

4. 抗蟲品種 (7)：

何氏曾調查 11 種楊桃品種，包括：嘉義大有、鳳山大有、蜜桃、台灣酸味、南洋、石鼇、五斧頭、白色、901 、秤錘及正種等，對花姬捲葉蛾爲害之抗性，結

果顯示各品種之平均被害率介於 26.6-40.5 % 之間，而平均果實內幼蟲數介於 0.3-1.5 隻間，均無顯著性差異，顯示目前栽培的各種楊桃品種並無特殊抗性。

東方果實蠅

一、東方果實蠅生物特性及爲害生態

東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis* (Hendel)) 是東南亞及環太平洋地區重要的果樹害蟲，在台灣俗稱 " 蜂仔 " ，其爲害的果樹種類有 50 餘種，其中又以番石榴、楊桃、芒果、蓮霧、柑桔、釋迦、印度棗、酪梨、百香果、紅龍果、枇杷、桃、梨、李等經濟果樹受害最爲嚴重 [38] 。台灣因屬熱帶與亞熱帶氣候，全年均有水果生育，故周年皆可見果實蠅猖獗爲害，雌成蟲產卵於果皮內，幼蟲蛀食果肉，被害果實呈水浸狀腐爛，不堪食用，影響各種水果之產量與品質甚鉅，甚且造成我國水果外銷檢疫之難題，使得政府與果農每年都需花費億元以上的防治費用。

果實蠅一年可發生 8-10 代，各蟲期發育日期主要隨溫度變化而異，溫度在 25-30 °C時，完成一世代約需 24-32 日。通常卵期 1-2 日，幼蟲期 6-10 日，老熟幼蟲具負趨光性，會脫離果實跳躍進入土中化蛹，化蛹深度在土表 1-20 公分間，蛹期 6-10 日，成蟲壽命一般爲 1-3 個月，大部分在 60-80 日之間。一般成蟲白天活動，早晨 10 時左右開始飛行活動，至果園中覓食、產卵，成蟲於田間食物的來源主要爲同翅目等昆蟲分泌之蜜露及植物花蜜或植物枝葉流出之汁液或露水等。中午期間期通常停留於果園內，至下午三、四點後再度飛出活動，夜晚棲息於植物林樹叢中。雌成蟲產卵前期約 7-12 天，一般在日落後 1-2 小時間進行交尾，雌成蟲經交尾一次，則可持續產卵達一個月，產卵量隨成蟲之日齡增加而增加，於第 15-25 日齡達高峰，之後生殖力逐漸減退。於產卵高峰期間，每次產卵高峰後需經 1-2 日再恢復產卵高峰，平均每日可產卵 30 粒，每次產卵量不一定，多在 10 粒左右，雌成蟲一生可產 400-1000 粒卵，每隻雌成蟲每日平均可產卵爲害 1-3 粒果實，因此，如無適當的防治，果園中果實會幾近百分之一百受害 [3, 4, 34, 38, 39] 。

果實蠅發生高峰的時期會因地區性果樹果實成熟期之不同而有差異，成蟲密度通常自 3 月間開始增加，最早在 5 月，至遲在 7 月常會形成一族群高峰， 10 月以後因多種偏好寄主都已採收，密度開始下降，於 11 月至 3 月間密度較低，惟此期間楊桃果實仍生育當中，常成爲果實蠅主要的寄主。

二、害蟲綜合管理技術

1. 含毒餌劑或食物 / 產卵誘引劑利用：

目前政府全面推廣滅雄法 (Male annihilation)，即利用含毒甲基丁香油蔗板，懸掛於果樹上或投放於田間，希冀大量誘殺果實蠅雄蟲，以降低田間雌蟲交尾機會，而減少果實蠅族群密度。台灣早在 1956 年即已開始應用本法至今，含毒甲基丁香油誘殺效力持久，爲果農普遍使用 [3, 4, 38, 39]。由於含毒甲基丁香油僅能誘殺雄蟲，對直接危害果實的雌蟲無誘殺效果，加上果實蠅寄主植物繁多且遷移性強，含毒甲基丁香油雖然抑制部分果實蠅族群的增長，但未能有效減低果實被害率。最近甲基丁香油已被報告具基因致變異性，且對大、小鼠毒理試驗屬致癌物質，長期使用是否對人體造成慢性毒害有待探討，將來含毒甲基丁香油應用宜有替代方案 [33, 39]。

利用食物誘殺法可同時誘殺果實蠅雌成蟲與雄成蟲，目前常用蛋白質水解物或鮮果（汁）添加殺蟲劑，置放於開口的寶特瓶或鐘形（麥氏）誘蟲器內，於果園內懸掛一定數量的誘雌誘殺器，可誘殺果園內相當數量的雌成蟲與雄成蟲，長期使用，對降低果園內之雌成蟲數及果實被害率有相當助益。惟食物誘殺法的缺點是誘餌持久性較短約一週，有效誘引距離短約 2-3 公尺（此亦是優點，不會誘引果園外的果實蠅），故需高密度置放誘殺器且需經常更換誘餌，較爲不便。最近，番石榴果實中揮發性成分曾被分離鑑定出來，其中的乙酸乙酯 (Ethyl acetate) 成分對果實蠅雌、雄成蟲均具誘引能力，又發現 50 % 糖蜜溶液添加 3 % 乙酸乙酯可增加糖蜜溶液的誘引力達 2 倍以上，其特效力約可達 2-3 週，於 $4 \times 4\ m^2$ 的網室內對果實蠅的誘殺率可達 80 %，極具田間應用潛力 [31, 33, 39]。

黃色黏紙誘殺法，是利用果實蠅成蟲對黃顏色具趨性作用配合黏膠來誘殺成蟲，對雌、雄成蟲均可誘殺，惟其不具專一性，誘引的昆蟲種類衆多，且約經一週因黏膠紙上佈滿各種類昆蟲及灰塵而失去誘殺作用。

含毒甲基丁香油及食物 / 產卵誘引物質，除可應用來直接誘殺果實蠅外，亦可利用作爲田間果實蠅族群密度調查監測的工具，可隨時瞭解田間果實蠅族群動態狀況，供做採行防治決策的參考。

由於果實蠅寄主種類繁多，移動性大，雄成蟲棲息場所不一定在果園內，因此，果實蠅的誘殺防除，宜採區域聯合防治策略，政府採全面投放含毒甲基丁香油蔗板，而各別的果園內除懸掛分發的含毒甲基丁香油蔗板外，如能使用可誘殺雌成蟲與雄成蟲的食物 / 產卵誘殺劑雙管齊下，長期使用將可使果園內果實蠅密度顯著降低，而減少果實被害率。

2. 栽培管理：

果實蠅的栽培管理防除措施包括：套袋法、網室栽培、果園環境衛生等可參考花姬捲葉蛾者。

3.藥劑防治：

農民習慣於楊桃結果期間，直接以政府推廣的殺蟲劑噴灑於果樹上，期望能直接撲滅果實蠅產卵爲害，此舉能快速短暫地降低果實蠅成蟲密度，但對已存在果實內之卵與幼蟲無毒殺效用，過度噴藥易產生抗藥性與農藥殘留過量的問題，故不宜以噴藥爲唯一的防治措施。

另外，噴藥時如能添加蛋白質水解物或其他誘引物質（糖蜜），同時只局部噴施於果園周圍圍籬植物上或部分果樹植株上，引誘果實蠅雌、雄成蟲前來取食而中毒死亡，將可增加殺蟲劑效果，同時減低施藥量及傷害天敵與農藥殘留問題。

4.生物防治(34, 35, 44) **：**

東方果實蠅之天敵，於蛹期在土壤中易受蟻類等捕食外，幼蟲期與蛹期以寄生蜂類爲主要生物防治。夏威夷曾利用 *Opius* 屬的幾種寄生蜂對果實蠅進行生物防治，自 1952 年應用成功後，迄今仍利用當中。在台灣果實蠅的寄生蜂種類，包括：小繭蜂科的 *Opius formosanus* Fullaway 、 *O. arisanus* Sonan 、 *O. makii* Sonan 、 *O. flecheri* Silvestri 、及 *Tachinoaephagns* sp.，黃金小蜂科的 *Pachycerepoideus vindemmiae* ，及沒食子蜂科的 *Spalangie* sp. 等七種，其中以 *O. formosanus* 最常見，數量亦最多。前述果實蠅的幼蟲寄生蜂寄生率在嘉義地區扁櫻桃的落果爲 5-56.5 % ，蓮霧落果爲 0.9-35.0 % ，番石榴落果爲 3.6-13.9 % ，惟都未能有效控制果實蠅的發生。姚氏於 1977 年在北部地區曾調查採集到 *O. formosanus* 與 *O. arisanus* 兩種，但寄生率甚低。其於 1979 年在花東地區曾採得 *Biosteres* (*Opius*) *longicaudatus* var. *formosanus* 一種，寄生率亦低爲 0.2-2.8 % 。姚氏曾於 1985 年自夏威夷引進屬姬蜂總科，小繭蜂科的幼蟲寄生蜂 *Diachasmimorpha longicaudatus* ，已於室內可飼養繁殖，且將技術轉移至苗栗改良場，未來除繼續在大量繁殖技術上改進外，亦需進行田間釋放並評估其效用。前述果實蠅的天敵種類雖多，但多緩不濟急，果農仍需以藥劑防治果實蠅。

5.不孕性昆蟲技術應用 (Sterile-insect technique, SIT)(3, 39) **：**

台灣自 1975 年起曾實施不孕性昆蟲技術防治法，即以輻射線鈷 60 照射處理東方果實蠅，使雄成蟲產生不孕後，再釋放至田間，而與田間雌成蟲交尾後產生無受精卵，使果實蠅子代逐漸降低。該防治技術曾連續實施 9 年，果農反應成效不錯，惟因所需經費有限，釋放不孕果實蠅蟲數無法涵蓋台灣整個區域，至 1984 年全面停止釋放不孕性果實蠅，改採用含毒甲基丁香油滅雄法。

葉 蟎

一、葉蟎生物特性及為害生態

為害楊桃之葉蟎，以俗稱 " 紅蜘蛛 " 者發生較多，其中以柑桔葉蟎 (Citrus red spider mite, *Panonychus citri* (McGregor)) 最為普遍，尤其在楊桃園靠近柑桔園時；其次為神澤氏葉蟎 (Kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida)、東方褐葉蟎 (*Eutetranychus orientalis* Klein) 及赤葉蟎 (*Tetranychus cinnabarinus* Boisduval)。另外，俗稱 " 白蜘蛛 " 的二點葉蟎 (Two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch)，在東勢與卓蘭鎮地區之楊桃園較常見 (10, 36, 37)。葉蟎個體細小，初期發生時較難發覺，待後期猖獗為害，將造成損害。成蟎與幼若蟎皆以吸食葉片汁液為生，但不直接為害果實，受害葉片呈枯黃斑點狀，嚴重發生時會造成落葉，影響植株、果實之生育。葉蟎類完成一代短者 10 餘日，長者 20 餘日，每年可發生 10-20 餘代，於溫暖乾燥的季節發生較多，尤以 10-3 月間為甚，當施藥不當而造成毒殺天敵及產生抗藥性時，往往造成噴藥愈多而葉蟎發生愈嚴重的現象 (36, 37, 43)。

二、害蟲綜合管理技術

1. 藥劑防治：

於害蟎發生密度達每葉 5 隻時，可選用推薦殺蟎劑 2.8 % 畢芬寧 (Bifenthrin) 乳劑稀釋 2000 倍，每公頃施用量 1.2-1.5 公升，每隔 7-10 天施藥一次，連續施藥二次，且每次施藥時能針對葉蟎喜棲息葉背部位均勻噴灑。由於葉蟎之世代短且繁殖力強，易產生抗藥性，當發生葉蟎時，宜選擇對天敵較低毒藥劑，且每次輪換不同類別的藥劑使用，以減低葉蟎重複猖獗發生現象。

2. 生物防治 (10, 20, 37)：

葉蟎之生物防治，尤其針對外侵害蟎二點葉蟎，農試所曾於 1983 至 1990 年陸續自美國及澳洲引進加州捕植蟎 (*Amblyseius californicus*)、法拉斯捕植蟎 (*A. fallacis*)、智利捕植蟎 (*Phytoseiulus persimilis*)、及西方捕植蟎 (*Typhlodromus occidentalis*) 等，該等捕植蟎均已立足台灣，惟其中以法拉斯與智利兩種捕植蟎對二點葉蟎之生物防治效果較佳。另有土本捕植蟎如體型較大的長毛捕植蟎 (*Amblyseius longispinosus* (Evans)) 及卵形捕植蟎 (*A. ovalis* (Enans)) 等可利用。溫氏捕植蟎 (*Amblyseius womersleyi* Schicha) 曾被大量繁殖並大量釋放，以生物防治楊桃上的二點葉蟎。於每年 3-4 月及 9-11 月間二點葉蟎發生盛期，每分地釋放 5,000 隻溫氏捕植蟎一次（如有噴施殺蟎劑，則於施藥後 7-10 日，再增加釋放捕植

蟎一次），可達有效抑制二點葉蟎族群密度，惟於釋放 6-8 週後，即無法採集到溫氏捕植蟎，但有利田間卵形捕植蟎生存，發揮生物防治效用 (19)。

在楊桃園內常可見羅氏小黑瓢蟲 (*Stethrus loi*)、鄭氏小黑瓢蟲 (*Stethrus chengi* Sasaji)、小黑隱翅蟲 (*Oligota oviformes* (Casey))、六點薊馬 (*Scolothrips sexmaculatus* Pergande)、小黑花椿象 (*Orius* sp.)、西方癭蠅 (*Arthrocnodax occidentalis* Felt.)、安平草蛉 (*Chrysopa boninensis* Okamoto) 及前述捕植蟎等天敵，該等天敵均可捕食各種葉蟎，以羅氏小黑瓢蟲出現頻率較高，宜避免輕易噴施藥劑，以免減低天敵之數量而導致葉蟎猖獗爲害。

3. 栽培管理：

葉蟎類常在果園內雜草上越冬之現象，故宜於冬季剪枝及來春除草時，去除不必要的枝條及雜草，以降低來春葉蟎來源。

柑桔粉介殼蟲

一、柑桔粉介殼蟲生物特性及爲害生態

柑桔粉介殼蟲 (*Planococcus citri* Risso)，一年發生 8-9 代，自卵到成蟲產卵，完成一世代約需時一個月，一般雌蟲產卵量爲 235-507 粒。粉介殼蟲主要發生期在 11 月至翌年 5 月間之低溫乾燥期，成蟲與幼蟲平常零星分佈在光照或通風不良之枝葉或果實蒂部，吸食汁液爲害，尤其是在楊桃套袋後之果實蒂部，常爲其藏匿繁殖場所，不僅吸食果實外，其分泌的蜜露亦引發眞菌性黑煤病，受害果實多失去商品價值 (21, 25, 40)。

二、害蟲綜合管理技術

1. 性費洛蒙利用：

目前柑桔粉介殼蟲的性費洛蒙已知爲 (＋)-2,2-二甲基-3-(異丙烯基)-環丁烷甲基乙酯 ((IR-cis)-(＋)-2,2-dimethyl-3-(1-methylethenyl)cyclobutanemethanol acetate) (49)，因此，可利用柑桔粉介殼蟲性費洛蒙誘捕器來偵測雄成蟲之飛行活動，並預測初齡若蟲出現期，可供藥劑防治適期之參考 (23)。

2. 栽培管理：

楊桃樹適度剪枝，使果園光照充足、通風良好，尤其在冬期清園大剪枝後能徹底施藥一、二次，可有效降低粉介殼蟲或其他害蟲翌年春季發生之蟲源。

3. 藥劑防治：

目前柑桔粉介殼蟲的防治仍多偏重化學藥劑的使用，部分地區則兼採生物、栽

培管理與藥劑進行綜合防治 [47, 48, 56]。多數藥劑對若蟲較成蟲有效，以連續施藥2-3 次，同時對枝幹間活動的造訪螞蟻一併處理，可提高防治成效 [22, 40]，惟施用殺蟲劑同時對天敵亦產生相當程度的毒殺效果，故宜選用對天敵較低毒之藥劑，或選擇天敵之卵期、蛹期或老齡幼蟲期等對藥劑抵抗性較大的蟲期作生態選擇性 (Ecological selectivity) 施藥，將可降低藥劑對天敵之毒害，而提高天敵與藥劑配合綜合防治該粉介殼蟲的成效 [22, 56]。當大發生時，需施藥防治時，可選擇花姬捲葉蛾防治藥劑於 1-2 齡若蟲期適期施藥。

4. 生物防治：

柑桔粉介殼蟲的天敵，國外報告多達 20 餘種，主要分屬瓢蟲科、脈翅目、跳小蜂科及某些蟲生眞菌，並曾有利用天敵配合殺蟲劑有效防治該蟲成功的範例 [47, 48, 50]。台灣柑桔粉介殼蟲的天敵主要有蒙氏瓢蟲 (*Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant)) 、二星小黑瓢蟲 (*Scymnus* (*Nephus*) *ryuguns* Kamira) 、安平草蛉 (*Chrysopa boninensis* Okamoto) 、及廣角跳小蜂 (*Anagyrus sawadai* Ishii) 等多種 [44]，惟仍未能有效利用達到防治效果。

其他次要或偶發性害蟲的防治適期及防止外來害蟲的入侵

除了前述四種主要害蟲可造成楊桃生產重大損失外，幾種次要的害蟲亦局部偶發而爲害楊桃 [6, 7, 10, 58]，包括：膠蟲與淡圓介殼蟲的若、成蟲寄生枝條或葉片，並誘生黑煤病，偶而局部發生，除可剪除被害枝葉外，宜選在若蟲發生期用藥防治。斑星天牛成蟲常於 4-7 月間出現，幼蟲蛀食爲害樹幹基部。咖啡木蠹蛾成蟲則局部發生於 4-5 及 9-10 月，幼蟲蛀食爲害較細之枝條，造成枯株。毒蛾類以小白紋毒蛾與台灣黃毒蛾爲主，幼蟲取食嫩葉、花穗及幼果，於 4-6 月間發生較多。杜鵑粉蝨狀如小黑點，主要爲害葉片，吸食汁液並引發黑煤病，於 3-5 月間發生較多。龐達巢粉蝨偶而爲害葉片誘生黑煤病。大桔蚜蟲偶發生爲害新梢花穗與幼果，嚴重時誘發黑煤病，使受害花穗萎凋。香蕉花薊馬爲害新梢花穗及幼果，偶而局部發生。鳥羽蛾幼蟲主要爲害新梢嫩葉與花穗，平時有姬蜂及黃金蜘蛛二種天敵控制，於 5-6 月間族群密度較高。金龜子主要有台灣青銅金龜、赤腳青銅金龜及白點花金龜等，成蟲於 6-7 月間出現，食害葉片、嫩梢花穗及果實。葉蟬主要爲綠葉蟬與褐葉蟬，該兩種葉蟬是芒果主要害蟲，與芒果園臨近的楊桃園較易發生，葉蟬的若、成蟲主要吸食葉片汁液爲害。大避債蛾幼蟲結繭藏於其內，懸掛於枝葉上，取食葉片爲生；白蟻爲害根部與樹幹，兩者於管理不善楊桃園較易發生。另外，冬春

之際，常見麻雀及白頭翁爲害楊桃果實，防治不易，尤於靠近山坡地區之果園發生較嚴重，果農常以嚇阻方式或採用鳥網防制 [41]。近年來，扁蝸牛之族群有增加現象，食害葉片、花穗及果實，在多雨季節雜草叢生場所，較易孳生繁殖。

前述次要害蟲偶而局部發生爲害，大多由於果園平時疏於管理所致，果園平時如有必要的管理措施，適時整枝、修剪、施藥、除草等工作，並注意清除被害或腐爛落果，前述次要害蟲不易發生，偶而局部發生，爲害亦不大。此類害蟲少量發生爲害時，可採栽培管理法防除之，包括剪除被害枝條（葉）殺死其內幼蟲，或以沾有藥劑棉球塞入蛀食孔道，燻殺其內幼蟲等，爲害嚴重時仍多採行藥劑防治，惟進行藥劑防治時，必需要瞭解害蟲猖獗發生時期及把握害蟲生活環的弱點，以便適期施用藥劑，發揮藥劑最大的殺蟲效用，惟開花期宜避免用藥，以免傷及授粉昆蟲。又因前述多種次要害蟲目前並無推薦藥劑可供使用，可參考花姬捲葉蛾及果實蠅推薦藥劑施用，亦當可行。茲將目前台灣楊桃重要害蟲發生爲害月份與防治適期，及推薦或參考使用藥劑，綜理列於表二，以供藥劑防治之參考。

總言之，楊桃害蟲綜合管理最重要的是果實生育期間的蟲害管理，以花姬捲葉蛾及果實蠅爲害最嚴重，柑桔粉介殼蟲亦偶而寄生果實爲害，可應用前述性費洛蒙/誘引劑利用技術爲蟲害管理主軸，進行監測該等害蟲發生狀況，甚或進行大量誘殺與交配干擾防治之。另外，於幼果期進行疏果並徹底施藥防治病、蟲害後，予以套袋，即可阻隔花姬捲葉蛾與果實蠅爲害，惟注意套袋不留縫隙則兼可防止粉介殼蟲侵入爲害果實。葉蟎類平時依賴各種天敵維持生態平衡，常於秋、春兩季發生，當葉蟎發生密度達每葉 5 隻時，始選用無藥害的殺蟎劑，間隔 7-10 日連續施藥二次，可達徹底而長期之防治效果。至於其他次要害蟲偶而發生，對於蛀食或寄生枝幹與枝條的害蟲，發現時應立即處理，可剪除被害枝條殺死其內幼蟲，或以沾有藥劑棉球塞入蛀食孔道，燻殺其內幼蟲。而一般爲害葉部新梢的害蟲當發生嚴重時，視防治對象害蟲生活環的弱點，適期施藥，惟開花期宜避免用藥，以免傷及授粉昆蟲或天敵，如此掌握各害蟲的猖獗發生時期，綜合應用各種管理技術，將可達有效、經濟、安全之害蟲綜合管理終極目標。

另外，幾種國外的楊桃害蟲 [57]，植物檢疫防疫單位宜特別留意其入侵台灣。尤其是楊桃果實蠅 (Carambola fruit fly, *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock)) 發生在南半球的南美蘇利南、印尼、馬來西亞及泰國南部，除爲害楊桃果實外，可爲害西印度櫻桃，芒果、番石榴、印度棗、柑桔、腰果等果樹的果實，宜嚴防其入侵台灣。加勒比海果實蠅 (Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* (Loew)) 及地中海果實蠅 (Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann)) 分別於美國佛羅里達及夏威夷州爲害楊桃果實，亦需嚴防其入侵台灣 [46, 53]。又在

表二、臺灣楊桃主要害蟲發生期及藥劑防治適期

Table 2. Timing of application for controlling key insect pests on carambola trees in Taiwan

害蟲種類	月份												推廣（參考）藥劑
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	（結果期）					（	結		果		期	）	
花姬捲葉蛾 *Eucosma notanthes*	×					×	×	×	×	×	×	×	第滅寧
東方果實蠅 *Bactrocera dorsalis*							×	×	×	×	×		芬殺松、撲滅松 ＋蛋白質水解物
葉蟎 Mites			×	×					×	×	×		畢芬寧
柑桔粉介殼蟲 *Planococcus citri*	×	×								×	×	×	參考花姬捲葉蛾
斑星天牛 *Anoplophora maculata*				×	×	×	×						（加保扶，石灰劑）
咖啡木蠹蛾 *Zeuzera coffeae*				×	×				×	×			參考花姬捲葉蛾
小白紋毒蛾 *Orgyia posticus*			×	×	×								參考花姬捲葉蛾
臺灣黃毒蛾 *Euproctis taiwana*						×	×						參考花姬捲葉蛾
鳥羽蛾 *Diacrotricha fasciola*					×	×							參考花姬捲葉蛾
粉蝨類 Whiteflies			×	×	×								參考花姬捲葉蛾
蚜蟲類 Aphids					×	×							參考花姬捲葉蛾
金龜子 Green beetles						×	×						參考花姬捲葉蛾
膠蟲 *Kerria Lacca*	×	×			×	×						×	（撲滅松）

美國佛州，楊桃害蟲尚包括有[57]：長毛盾蚧 (Plumose scale, *Morganella longispina* (Morgan)) 、*Diaprepes abbreviatus* L. 、燈蛾 *Ecapantheria scribonia* (Stoll) 取食葉片， *Platynota rostrana* (Walker) 取食果實，稻綠椿 (Southern stink bug, *Nezara vividula* (L.)) 和翼腿綠椿 (Leaf-footed bug, *Leptoglossus* spp.) 的若、成蟲取食果實汁液，小橘蚜 (Black citrus aphid, *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe)) 取食嫩梢，吸果夜蛾 (Fruit piercing moths, *Gonodonta* spp.) 和木葉蛾 (*Eudocima* spp.) 成蟲於夜間吸食果實汁液爲害，紫僞葉蟎 (Tenuipalpids, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes)) 取食果實，造成果實變成古銅色。

未來展望與結論

現今世界農業生產的新潮流是有機農法的永續農業理念，而永續農業的植物保護趨勢是害物綜合管理 (Integrated pest management, IPM) ，各國的專家學者已公認害物綜合管理及許多替代性的防治方法，是唯一可減少傳統農藥使用的策略[45, 51, 57] 。依據 1972 年 FAO 提出的綜合害物管理 IPM 的定義爲 " 考量生物的族群動態與其周遭的環境爲整個體系，在可相容的方式下，使用適當的技術或方法，使能抑制害物族群低於經濟危害限界以下，該等技術或方法的運用，不僅包含害物生物學全部的知識，如所有影響害物的生物因子以及影響作物生態系的非生物因子，且考慮市場的目的，包括產品出口或是國內消費需求 "[57] 。

理論上，熱帶果樹栽培提供一相當長期且穩定的生態環境，也提供一連續性的棲息地（環境）給有害生物及其天敵，因此，熱帶果樹所需的生態環境，很適宜進行生物防治或另類的綜合害物管理計畫。但是農業活動即是自然生態平衡的破壞者，由於近代果樹栽培多屬商業化生產方式，爲了產品價格與消費者需求，常追求高產量與高品質，避免不了地密集使用廣效性的殺蟲（菌）劑，導致有害生物族群密度不穩定的變化，最終造成習慣性以藥劑防治爲唯一防治害物的方法，因而產生各種不良後遺症。

Aluja(1994) 認爲有二種相反的力量主導害物管理的動態：一是全球化的市場機制，另一是農業的永續經營與生物多樣化的保育觀念。一般市場經濟上的考量多過自然保育的觀念，市場需求的力量常要求生產的水果不可有任何的傷疤及瑕疵，造成必需經常性使用化學藥劑並配合檢疫處理才能達到市場需求的標準，使得其他非化學藥劑的另類害物管理技術未能發揮其應有的效用。另外，爲了防止雜食性害物移動入侵的問題，在較大地理環境栽植相同果樹時，宜採區域性聯合防治 (Area-

wide pest control)，將可更有效地達到害物管理的目的。又在區域性聯合防治時，果樹栽培者能一致性地追求害物族群總數管理策略 (Total pest population management strategy)，則在該區域性聯合防治區內，害物發生總數會隨時間增長而降低，而果園間的移動入侵害物數目也會降低。惟要實行區域性聯合防治，需要生產者強而有力的組織運作，才能增加管理技術的複雜度，也使害物管理變的更有效果 (57)。

Malavasi 等人 (1994) 提出專為出口的水果，可建立一個無特定害物生產區的觀念 (Specific pest free area)，該生產區內沒有重要的檢疫害物發生，且藉由天然屏障或人為障礙，可與危害區 (Infested area) 做有效地隔離。無特定害物生產區可分二類：一為無特定害物發生區域 (Specific pest free zone)，屬大地理區域 (Large geographic areas)，如智利地區保證沒有熱帶果實蠅發生。另一是無特定害物發生的生產果園 (Specific pest free production groves)，要提出證明相關的檢疫害物被壓制至無法偵測的水平 (Non-detectable levels)，如美國佛羅里達州約有 22 郡地區的葡萄柚果園，經強力防治使地中海果實蠅未能於該地區發生，則該等郡果園生產的葡萄柚可外銷日本。建立無特定害物作物生產區的需求包括：(1) 要有一敏感有效的偵測計畫，(2) 要能將該區重要的檢疫害物壓制到無法偵測的水平，(3) 嚴格的田間害物防治，(4) 週延的安全防護措施以免產品於包裝與運輸過程受到害物侵害 (57)。

Hoyt and Burts (1974) 認為發展果樹綜合防治計畫 (Integrated control programs in fruit crops)，首先必需考量：(1) 原棲息地及現棲息地有害生物相的相關知識，(2) 有害生物相在原棲地及現棲地對果樹造成的影響，(3) 天敵存在現況。台灣果樹 (楊桃) 害蟲綜合管理計畫的研究與實施之改進，可依循 Gonzalez (1970) 及 Hoyt and Burts (1974) 對果樹綜合防治計畫的理念 (52, 54)，再做一些調整，以適合台灣的果樹生態體系，茲簡要說明如下。

一、加強建立綜合害物管理的基礎，包括：(1) 充分了解害物的生物學與生態學知識：由於果樹被引種移植於不同國度，造成同一種果樹被栽培於氣候與地理環境差異很大的地域，影響害物分佈相及其生物特性與族群動態。又一般昆蟲可分為本地性種類 (Autochthonous species)，具有較窄地區性的分布；另一屬遷移性種類 (Inter-regional species)，可藉著自己飛行能力與氣流、或藉人力做較長距離遷移，且對寄主與環境有較強耐受性，而有較寬廣的分布，二者採行防治策略不同。(2) 取樣調查與監測：取樣調查可協助決定何種害物危害及其族群密度，以判定是否達防治基準，決定該採預防性措施 (Preventive tactics) 或治療性方法 (Curative methods)。取樣方法宜簡單可行且經濟，可快速地決定害物族群密度與果樹被害

程度或防治基準之相關性，性費洛蒙與誘引劑的利用是一有力工具。(3) 經濟限界或防治基準 (Economic threshold 或 Control action)：果樹的蟲害管理較著重保護生產水果的外觀而非最高的產量，如果水果屬出口商品，則會要求完全無受蟲害的最高品質，因此常不存在經濟（危害）限界，使得廣泛地使用農藥以預防水果遭受蟲害，同時，常因此傷害授粉昆蟲而影響產量。因此，可以經驗猜測方式暫訂防治基準，或以害蟲爲害生態決定防治適期，提供農民施藥的依據。(4) 自然致死因子：瞭解害物族群動態之生物與非生物因素，多發揮天敵的效用，並操縱環境因子，增加對害蟲殺傷的作用。

二、開發各種的害物管理技術，包括 (1) 化學防治 (Chemical control)：熱帶果樹多屬高大喬木且枝葉繁茂，常需使用大型動力噴霧器械，始能有效地施用藥劑防治害物，宜發展便利的噴藥器械及安全防護措施。雖然無可避免地要使用藥劑防治害物，但宜朝選用新一代的具選擇性藥劑，如生物性微生物製劑，或採用具生理生態選擇性的施藥方式，如選擇適當施藥時機、注意施藥部位及施藥量等，多採共同防治及重點施藥，開花期避免用藥，以降低對天敵與授粉昆蟲及其他非標的生物的傷害，同時也可減少藥劑殘留或藥害問題，以維護環境生態安全。(2) 費洛蒙與誘引劑 (Pheromones and attractants) 利用：可利用非選擇性的黏蟲紙，或發展具選擇性的誘引劑與誘蟲器配合，做爲取樣調查工具，偵測或監測害蟲之出現與發生，亦可以大量誘殺及交配干擾法抑制害蟲之族群發生。(3) 生物防治 (Biological control)：在溫帶地區，生物防治曾在綜合害物管理體系中被用爲調節害蟲族群主要技術之一，近年來某些果樹的昆蟲相生物知識亦有很大進展，而有助生物防治有效地應用。但在熱帶果樹上多種的害蟲管理使用生物防治仍是極爲有限，尤其是在熱帶果樹害蟲的微生物防治研究更被忽略。因此，宜加強果樹害蟲的天敵調查，保育本土天敵並引進外地天敵，發展大量飼育天敵的技術等。(4) 抗性品種 (Host plant resistance)：利用寄主植物的抗性是相當可信賴的蟲害管理技術之一，對果樹而言較不易實行，因培育具抗性的品種常需時 15 年以上。對熱帶果樹而言，較多的研究應用集中於柑桔、木瓜或鳳梨等果樹對病原菌的抗性，尤其是毒素病遺傳抗性的選拔，但在蟲害抗性研發上很少，仍需加強，現今分子生物技術成熟，未來宜能利用基因轉殖技術，加速果樹抗病、蟲品種的育成與利用。(5) 栽培管理措施 (Cultural practice)：常因地域及作物而異，對壓制果樹害蟲爲害有時相當的有效。包括：套袋、誘殺作物 (trap crops)、間作、適宜的雜草與土壤管理、移除寄主植物、移除被害株葉或果實、清除落葉落果田間衛生 (field sanitation) 等，均可減少害蟲族群數量，也可減少害蟲的棲息，增加天敵棲息地及活動力，將可阻礙害蟲族群生長，尤其對寡食性害蟲，限制野生寄主的栽培管理很重要。(6) 其他方

法：如不孕雄蟲技術、遺傳控制，隔離措施等。

臺灣地處熱帶及亞熱帶氣候，果樹（楊桃）又屬常綠多年生作物，兩者提供害蟲棲息、取食及繁殖有利的環境及場所，而果農偏好超量使用農藥來防治病蟲害，常使得原先存在的天敵致死因子及種族繁異度消失，促成某些害蟲容易猖獗發生爲害，惡性循環地加重農藥使用量，更造成生態環境的惡化，消費者對農藥殘毒的疑懼。通常，爲害某種果樹的害蟲種類可達數十種之多，而偶發性害蟲種類僅十來種，至於農民必須採行防治措施的主要害蟲可能只二、三種。目前果樹害蟲防治仍多採藥劑防治爲主，並兼以剪枝、清園、套袋等栽培管理，亦可收有效的防治，然多種害蟲最佳的防治對策，仍有賴不斷地試驗研究改進。將來，針對臺灣果樹栽培環境及害蟲爲害的特性，宜對果樹害蟲生物習性及爲害生態做更深入的瞭解，開發更多的防治技術，多採用非傳統農藥防治法，研擬綜合管理或防治的策略，使能有效抑制害蟲的發生，並能減少因使用農藥所造成的後遺症，以提昇生態環境的品質。

謝　辭

本報告編入農委會農業藥物毒物試驗所發表論著編號第 9213 號。本文承蔡佳燕及劉佳瑩小姐之協助整理資料及謄寫文稿等工作，謹致謝忱。

參考文獻

1. 台灣省農林廳。 1965-1998 。台灣農業年報。
2. 行政院農業委員會。 2001 。農業統計年報。
3. 李文蓉。 1978 。東方果實蠅的生態與防治。昆蟲生態與防治研討專輯。中研院動物所專刊第三號　第 19-26 頁。
4. 李文蓉。 1988 。東方果實蠅之防治。果樹害蟲綜合防治研討會。中華昆蟲特刊第二號　第 51-60 頁。
5. 何坤耀。 1985 。楊桃果實蛀蟲及其防治初報。植保會刊 27:53-62 。
6. 何坤耀。 1986 。楊桃鳥羽蛾之發生與爲害。興大昆蟲學報 19:57-62 。
7. 何坤耀。 1988a 。楊桃害蟲之生態與防治。果樹害蟲綜合防治研討會。中華昆蟲特刊第二號　第 43-50 頁。
8. 何坤耀。 1988b 。楊桃果實蛀蟲防治技術改進試驗。植保會刊 30:44-51 。
9. 何坤耀。 1988c 。嘉義地區楊桃花姬捲葉蛾之生活史與生態。中華昆蟲 8:23-31。

10.何坤耀。2000。楊桃蟲害之發生與防治。楊桃綜合管理，第237-246頁。楊秀珠主編。農業藥物毒物試驗所印行。台中。

11.林桂瑞。2002。台灣和中國大陸果樹害蟲名錄。行政院農委會農業試驗所特刊第100 號。台中。847頁。

12.邱煇宗。1991。台灣熱帶果樹害蟲之研究與發展。近年來台灣昆蟲學之研究發展研討會專刊。中華昆蟲特刊第七號 第157-165頁。

13.洪巧珍、黃振聲。1991。楊桃花姬捲葉蛾之大量飼育方法。中華昆蟲 11(3):204-212。

14.洪巧珍、黃振聲、侯豐男。1997。楊桃花姬捲葉蛾之羽化交尾及產卵行爲。植保會刊 39(3):265-274。

15.洪巧珍、黃振聲、侯豐男。1998。粗腳姬捲葉蛾之人工飼料飼育方法及其羽化與交尾行爲。植保會刊 40:297-307。

16.洪巧珍、黃振聲、侯豐男。1999。楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙活性之生物檢定法比較。植保會刊 41:165-177。

17.洪巧珍、黃振聲。2000。利用性費洛費蒙綜合防治楊桃花姬捲葉蛾。楊桃綜合管理，第247-254頁。楊秀珠主編。農業藥物毒物試驗所印行。台中。

18.洪巧珍、侯豐男、黃振聲。2001。利用性費洛蒙防治楊桃花姬捲葉蛾之效果評估。植保會刊 43:57-68。

19.施劍鋆、王前智。2002。釋放溫氏捕植蟎生物防治楊桃及草莓二點葉蟎。農作物害蟲與害蟎生物防治研討會。台灣昆蟲特刊第三號 第59-79頁。

20.陳炳煇、羅幹成。1991。台灣害蟲與害蟎之生物防治。近年來台灣昆蟲學之研究發展研討會專刊。中華昆蟲特刊第七號 第127-136頁。

21.陶家駒。1963。爲害柑桔枝葉及果實之粉介殼蟲類。植保會刊 5:304-311。

22.黃振聲、謝豐國、吳英秀。1986。藥劑對柑桔粉介殼蟲及其天敵蒙氏瓢蟲各生長期之毒性。植保會刊 28(2):155-161。

23.黃振聲、朱耀沂。1987。柑桔粉介殼蟲性費洛蒙誘捕器之開發。植保會刊 29(3):297-305。

24.黃振聲、洪巧珍、羅致逑、洪銘德。1987。楊桃花姬捲葉蛾及粗腳姬捲葉蛾之性誘引劑。植保會刊 29(3):321-323。

25.黃振聲、謝豐國、洪巧珍、朱耀沂。1988。番石榴粉介殼虫之生活史及溫度對其族增長介量之影響。植保會刊 30(2):157-174。

26.黃振聲、洪巧珍。1994。楊桃花姬捲葉蛾性誘引劑型及誘蟲器開發。植保會刊 36(1):31-40。

27.黃振聲、洪巧珍、郭美貞。1995。楊桃花姬捲葉蛾藥劑防治效果評估。植保會刊 37(2):219-222。

28.黃振聲、洪巧珍、侯豐男。1996。楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙活性之生物檢定。植保會刊 38(2):119-127。

29.黃振聲、洪巧珍。1997。利用合成性費洛蒙以交配干擾法防治楊桃花姬捲葉蛾。植保會刊 39 (2):151-164。

30.黃振聲、洪巧珍。1997。楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙干擾劑之緩釋劑型。植保會刊 39(3):275-280。

31.黃振聲、顏耀平。1998。瓜果實蠅性費洛蒙與誘引劑及溫度對克蠅與甲基丁香油誘引力影響之研究。台灣果實蠅防治研討會專刊，第 147-172 頁。劉玉章、陳昭鈞主編。國立中興大學昆虫系編印。台中。

32.黃振聲。2001。性費洛蒙在蟲害管理上之應用與發展。跨世紀台灣昆蟲學研究之進展研討會，第 329-372 頁。國立自然科學博物館印行。台中。

33.黃振聲、顏耀平、張明謙、劉佳瑩。2002。番石榴果實揮發性成分之萃取分析鑑定及其對東方果實蠅之誘引性。植保會刊 44:279-302。

34.黃莉欣、蘇文瀛。2000。東方果實蠅之發生生態與防治。楊桃綜合管理，第 171-178 頁。楊秀珠主編。農業藥物毒物試驗所印行。台中。

35.黃勝泉、章加寶、李文蓉。1998。東方果實蠅寄生蜂大量繁殖技術。台灣果實蠅防治研討會專刊，第 226-232 頁。劉玉章、陳昭鈞主編。國立中興大學昆蟲系編印。台中。

36.張德前、劉達修。1986。楊桃葉蟎類族群消長及藥劑防治試驗。植保會刊 28:263-272。

37.溫宏治。1988。楊桃上柑桔葉蟎 (*Panonychus citri* (McGregor)) 之發生及藥劑防治。中華農業研究 37:100-104。

38.劉玉章。1981。台灣東方果實蠅之研究。興大昆蟲學報 16:19-26。

39.劉玉章。2002。台灣東方果實蠅及瓜實蠅之研究及防治回顧。昆蟲生態與瓜果實蠅研究專刊 第 1-40 頁。

40.劉達修、張德前。1984。番石榴粉介殼蟲棲群消長及其防治。中華昆蟲 4:87-95。

41.劉碧鵑。2000。楊桃栽培品種與性狀。楊桃綜合管理，第 195-200 頁。楊秀珠主編。農業藥物毒物試驗所印行。台中。

42.劉碧鵑。2000。楊桃栽培品種與管理。楊桃綜合管理，第 201-212 頁。楊秀珠主編。農業藥物毒物試驗所印行。台中。

43.羅幹成。1988。果樹葉蟎之綜合防治。果樹害蟲綜合防治研討會。中華昆蟲特刊第二號 第61-70頁。

44.羅幹成、邱瑞珍。1985。台灣柑桔害蟲及其天敵圖說。台灣省農業試驗所特刊第20號。台中。75頁。

45. Anonymous. 1988. Agricultural chemicals in California plant protection: are there alternative? Agricultural Issues Center, U. C. Davis, California, 151pp.

46. Armstrong, J. W., Silva, S. T., and Shishido, V. M. 1995. Quarantine cold treatment for Hawaiian carambola fruit infested with Mediterranean fruit fly, melon fly, or Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) eggs and larvae. J. Econ. Entomol. 88: 683-687.

47. Bartlett, B. R. 1957. Biotic Factors in natural control of citrus mealybug in California. J. Econ. Entomol. 50: 753-755.

48. Bartlett, B. R., and Loyd, D. C. 1958. Mealybug attacking citrus in California- A survey of their natural enemies and the realease of new parasites and predators. J. Econ. Entomol. 51: 90-93.

49. Bierl-Leonhardt, B. A., Moreno, D. S., Schwarz, M., Fargerlund, J. A., and Plimer, J. R. 1981. Isolation, identification and synthesis of the sex pheromone of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso) Tetrahedron Lett. 22: 389-392.

50. Chacko, M. J., Krishnamoorthy Bhat, P., Ananda Rao, L. V., Deepak Singh, M. B., Ramanarayan, E. P., and Sreedharan, K.. 1978. The use of the ladybird beetle, *Cryptolaemus montrouzieri*, for the control of coffee mealybag. J. Coffee Res. 8: 14-19.

51. Dent, D. 1991. Insect pest management. C. A. B. I. Wallingford, U. K., 604pp.

52. Gonzalez, D. 1970. Sampling as a basis for pest management strategies. Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. Contr. Habitat Manage. 2: 83-101. Tall Timbers Res. Sta. Tallahassee, Florida.

53. Hallman, G. J., and Sharp, J. L. 1990. Hot-water immersion quarantine treatment for carambolas infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 83: 1471-1474.

54. Hoyt, S. C., and Burts, E. C. 1974. Integrated control of fruit pests. Ann. Rev. Entomol. 19: 231-252.

55. Hung, C. C., Hwang, J. S., Hung, M. D., Yen, Y. P., and Hou, R. F., 2001. Isolation, identification and field tests of the sex pheromone of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes*. J. Chem. Ecol. 27(9): 1855-1866.

56. Meyerdirk, D. E., French, J. V., Hart, W. G., Chandler, D. 1979. Citrus mealybug : effect of pesticide residues on adults of the natural enemy complex. J. Econ. Entomol. 72: 893-895.

57. Pena, J. E., Sharp, J. L., and Wysoki, M. 2002. Tropical fruit Pests and Pollinators-Biology, Economic Importance, Natural Enemies and Control. CABI Publishing, Oxon, UK, and New York, USA, 430 pp.

58. Waite, G. K., and Hwang, J. S. 2002. Pests of Litchi and Longan. In Tropical fruit Pests and Pollinators-Biology, Economic Importance, Natural Enemies and Control, 331-359 pp., Edited by Pena, J. E., Sharp, J. L., and Wysoki, M., CABI Publishing, Oxon, UK, and New York, USA.

Abstract

Hwang, J.-S. 2003. Sex pheromone/attractant based integrated insect pest management in carambola orchard. p.83-105. *in*: Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan.

(Applied Toxicology Division, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan 413, ROC)

Carambola fruit is the special agro-products of Taiwan. The total planted area of carambola fruit tree is estimated to be 1,738 hectares. The annual production of carambola fruit is about 27,000 tons, and the value is NT$ 480 million. Nearly over 20 species pests were reported to have infested carambola in Taiwan. The majority of these pests cause little damage or occur only locally and sporadically, but four or more insect pests are of major economic importance, such as carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick, Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) , spider mites, citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso), etc.. The paper briefly described the occurring period, damage habit, life history and field ecology of the key pests on carambola, as well as their management or control tactics with available sex pheromones/attractants techniques were reviewed. The further improvement for integrated pest management or control programs in fruit crops will be discussed.

Key words: Carambola, Sex pheromone, Attractant, Integrated insect pest management.

非化學農藥新技術在蔬果類病害防治上的應用

羅朝村[1,2] 謝廷芳[1] 黃晉興[1]
[1]台中縣 行政院農委會農業試驗所植物病理組
[2]通訊作者，台中縣霧峰鄉中正路189號

摘 要

在教育認知與輿論宣導下，如何善待環境，已是世界各國在制定法規所必須依循的政策。特別是在有機農業與永續農業的發展下，病蟲害的管理多已朝向使用安全且有效的非農藥防治方法；其中包括有健康種苗、抗病育種、誘導性抗病、交互保護、拮抗微生物、非農藥殺菌物質與營養液、高分子聚合物、土壤添加物、栽培管理與物理防治法等；最近台灣在此方面發展更有使用重碳酸鹽、磷鉀肥、植物油及礦物油、植物抽出液與生物殺菌劑等。

前言

臺灣地處熱帶與亞熱帶，氣候屬高溫多濕型，故適合多種病害的發生與傳播；加上又乏冬季下雪低溫來降低病原菌密度，因而導致病害種類多而猖獗。自從農藥問世後，基於維護農產品產量與快速抑制病害之考量，農民多以化學方法來防治病害，而忽略其他的防治手段與管理策略。然由於化學農藥使用後對生態環境的種種負面影響，如 a. 有礙農民與消費者的健康；b. 藥害；c. 抗藥性；d. 環境污染；e. 減少有益生物等 (15) 。在教育認知與輿論宣導下，已廣爲大衆所知悉，因此世界各國已逐漸重視環境保護與食品安全，特別在如何善待環境政策的執行下，化學藥劑的使用已漸受到嚴厲法規的限制，以求降低其對環境所造成之負面影響。在台灣，近年來政府更提倡並極力發展『有機農業』與『永續農業』，在病蟲害管理方面多獎勵研發安全且有效的非農藥防治方法，爲的就是逐漸降低對化學農藥之依賴，以保障國民健康、維護自然生態平衡以及農業的永續經營。然依據各種病害之病原生態的不同，可使用之非農藥防治手段亦將有所不同。尤其非農藥防治法若使用得當，不但可以減少化學農藥的使用，且對病害防治可達事半工倍之效果。幾年前筆者與安氏等多位學者曾詳細報導本省經常使用的非農藥防治策略，如健康種苗、抗病育種、誘導性抗病、交互保護、拮抗微生物、非農藥殺菌物質與營養液、高分子聚合物、土壤添加物、栽培管理與物理防治法等 (2) 。惟經過多年之研發與進展，非農藥防治法雖脫離不了上述範疇，但已有一些新技術與產品之進展，因此本文將以此些新技術爲重點，並論述其在瓜果類病害防治上的應用。

瓜果類病害種類

根據文獻記載，瓜果類共通病害計有鐮孢菌 (*Fusarium oxysporum*) 引起的萎凋病（或稱蔓割病）；疫病菌 (*Phytophthora spp.*) 引起的疫病；立枯絲核菌 (*Rhizoctonia solani*) 引起的立枯病；腐霉病菌 (*Pythium spp*) 引起的腐霉病；白粉病菌 (*Erysiphe, Oidiopsis, Sphaerotheca etc.*) 引起的白粉病；炭疽病菌 (*Colletotrichum spp*) 引起的炭疽病；根瘤線蟲 (*Meloidogyne incognita*) 引起的根瘤線蟲病；其他較主要的有青枯病 (*Ralstonia solanacearum* 引起）；白絹病 (*Sclerotium rolfsii* 引起）；蔓枯病 (*Didymella bryoniae* 引起）；露菌病 (*Pseudoperonospora cubensis* 引起）；黑點根腐病 (*Monosporascus cannonbollus* 引起）；病毒病害如 CMV, PVY,TSWV, ZYMV 等 (3) 。

爲便於說明，以下將以防治方法爲主題，進而針對上述可防治的病害作論述。

設施應用與病害防治

利用設施栽培作物，將有利於克服台灣夏季高溫多雨的惡劣環境，以及冬天寒流侵襲等氣候逆境所造成的負面影響。故從民國七十六年政府大力推廣後，現已普遍爲農民所接受並廣泛應用。然設施依被覆材料、設施結構及外界環境的不同，往往會影響到設施內微氣候的變化，相對的病害種類及嚴重度亦可能不同。根據報告顯示，台灣常見的設施型態計有直接覆蓋 (Mulch) ，浮動式覆蓋 (Floating mulch) ，隧道式栽培 (Tunnel) ，遮蔭網 (Shading net) ，遮雨棚 (Rain shelter) ，網室 (Net room) ，溫網室 (Net-plastih house) 與溫室 (Green house) 等。其適用性則依農民個人經費，喜好及作物種類而有選擇。通常網室、溫網室及溫室內之設備包括灌溉系統，噴藥，肥料及病蟲害管理應較前幾項有改善的空間，因此病害的發生可能因配備的不同或使用時機的正確性與否而有不同的差別。例如（一）增加降溫設備（如水牆、抽風或噴霧等）與採用滴灌設備；以減少喜好高溫多濕之病害。（二）低溫時，適當的使用噴霧系統，以減少忌水性病原菌（如白粉病菌、銹病菌）的感染，但爲能同時減少具游走孢子之偏低溫病原菌（如露菌病菌及白銹病菌），必需強化通風系統，以交替性之增加水膜與通風減少設施內之相對濕度。

天然資材在病害防治上的利用

⑴重碳酸鹽(bicarbonates)防治白粉病的效果：

重碳酸鹽爲酸性碳酸鹽之別名，含有重碳酸根 (HCO_3^-) 之化合物。常見的重碳酸鹽類包括碳酸氫鈉 ($NaHCO_3$) 或稱小蘇打、碳酸氫鉀 ($KHCO_3$) 、碳酸氫銨 (NH_4HCO_3) 等三種。

重碳酸鹽類之中，以小蘇打或稱碳酸氫鈉 (baking soda, sodium bicarbonate) 最先被用於作物病害防治上。應用小蘇打當作殺菌劑並非是一項新的發現，早在 1933 年出版，由 Hottes 氏所編著的書「 A Little Book of Climbing Plants 」中已提到用稀釋約 133 倍的小蘇打可有效防玫瑰白粉病。此項發現乃得自於蘇俄植物病理學家 A. de Yaczenski 的提供。 1981 年，日本 Homma 等人利用碳酸氫鈉防治瓜白粉病； 1982 年， Punja 和 Grogan 發現含銨、鉀、鈉和鋰的碳酸鹽和重碳酸鹽可殺滅白絹病菌，開啓了利用重碳酸鹽防治作物病害的新頁。隨後，在 1985 年八月份的有機農園「 Organic Gardening 」雜誌上，報導日本的研究人員以約稀釋 500 倍的小蘇打可有效防治瓜類、茄子和草莓白粉病。在 1990 年六月份的溫室管理者「 Greenhouse Manager 」雜誌上，摘錄了美國康乃爾大學 Horst 博士利用小蘇打防治玫瑰主要病害－白粉病及黑斑病的三年試驗報告，玫瑰每三至四天噴佈 200 倍小蘇打及具殺蟲效果的肥皀（作爲界面活性劑，可使小蘇打易於粘附在葉表

上，雖對病害無任何作用，但可以增進小蘇打的防病效果）的混合水溶液，可有效防治白粉病及黑斑病的發生。

重碳酸鹽以防治作物白粉病為主，作物包括辣椒、瓜類、葡萄、蘋果、玫瑰、日衛茅、迷迭香等。對於葉部病害如草莓灰黴病、青椒早疫病、洋香瓜葉枯病、瓜類葉斑病、玫瑰黑斑病、蘋果黑星病、菊花白銹病等均具療效。對於土壤傳播性病害如瓜類蔓枯病與胡蘿蔔、草皮和百合的白絹病等亦有不錯的抑病效果。另外，以重碳酸鹽水溶液浸泡採收後的辣椒、胡蘿蔔、馬鈴薯、柑桔、洋香瓜和可樂果，亦可有效抑制貯藏病害的發生[4]。可見重碳鹽的抑病範圍相當廣泛。

重碳酸鹽類對人體無害，而且對環境的衝擊非常小，在作物有機栽培的體系中，成為病害防治不可或缺的一項利器。由於它具有明顯的抑菌功效，已被全世界有機農園廣泛地接受與應用，甚至已有多項商品化的產品問世。在使用重碳酸鹽之前，應先小量測試對標的作物是否有藥害產生。以筆者的經驗，瓜類植物較易產生藥害，尤其在烈日下噴施時，葉片容易產生灼傷狀的藥斑。在使用重碳酸鹽的過程之中，應考慮使用劑量的問題。一般而言，以稀釋 200 倍，每七天噴施一次，連續三次的效果最穩定，若能添加天然的展著劑、界面活性劑或礦物油，則防病效果更佳[4]。

表一、利用重碳酸鹽防治作物病害一覽表[4]

作物	病害及病原菌	使用重碳酸鹽種類及用量
辣椒	白粉病(*Leveillula taurica*)	碳酸氫鈉／碳酸氫鉀200倍
瓜類	白粉病(*Sphaerotheca fuliginea*)	碳酸氫鈉200倍，有藥害
南瓜	白粉病(*Sphaerotheca fuliginea*)	碳酸氫鉀
番茄	白粉病(*Erysiphe polygoni*)	碳酸氫鈉
番茄	白粉病(*Oidium lycopersicum*)	碳酸氫鉀200倍
蘋果	白粉病(*Podosphaera leucotricha*)	碳酸氫鈉
葡萄	白粉病(*Uncinula necato*r)	碳酸氫鈉100-200倍
玫瑰	白粉病(*Sphaerotheca pannosa*)	碳酸氫鈉／碳酸氫鉀200倍
迷迭香	白粉病(*Oidium sp.*)	碳酸氫鈉100倍
日衛茅	白粉病(*Oidium euonymijaponica*)	碳酸氫鈉／碳酸氫鉀
草莓	灰黴病(*Botrytis cinerea*)	碳酸氫鈉＋油菜籽油
辣椒	早疫病(*Alternaria alternata*)	碳酸氫鈉／碳酸氫鉀200倍
洋香瓜	葉枯病(*Alternaria cucumerina*)	碳酸氫鹽，有藥害
玫瑰	黑斑病(*Diplocarpon rosae*)	碳酸氫鈉(初期有效)

瓜類	葉斑病(*Ulocladium cucurbitae*)	碳酸氫銨
蘋果	黑星病(*Venturia inaequalis*)	碳酸氫鈉
菊花	白銹病(*Puccinia horiana*)	碳酸氫鉀＋年豐17
瓜類	蔓枯病(*Didymella bryoniae*)	碳酸氫銨＋SS礦物油
胡蘿蔔	白絹病(*Sclerotium rolfsii*)	碳酸氫銨
草皮	白絹病(*Sclerotium rolfsii*)	碳酸氫銨
百合	白絹病(*Sclerotium rolfsii*)	碳酸氫銨
辣椒	貯藏病害 灰黴病(*Botrytis cinerea*) 早疫病(*Alternaria alternata*)	碳酸氫鉀50-100倍
胡蘿蔔	貯藏病害 黑色根腐病(*Thielaviopsis basicola*) 碳酸氫銨／碳酸氫鈉	碳酸氫鉀50-100倍
胡蘿蔔	貯藏病害 白腐病(*Rhizoctonia carotae*)	碳酸氫鈉
馬鈴薯	貯藏病害 銀皮病(*Helminthosporium solani*)	碳酸氫鹽
柑桔、檸檬	貯藏病害 綠黴病(*Penicillum digitatum*)	碳酸氫鈉
洋香瓜	貯藏病害(*Rhizopus stolonifer, Alternaria alternata, Fusarium spp.*)	碳酸氫鈉50倍
可樂果	貯藏病害	碳酸氫鈉1000倍浸泡

(2)磷鉀肥在植物病害的防治效果：

亞磷酸～為藥劑福賽得的主要代謝物質，可用以防治作物疫病、露菌病、白銹病及荔枝露疫病，另外對番茄白粉病亦有防治效果。亞磷酸 (H_3PO_3) 為強酸，安氏 (2001) 報告可以用氫氧化鉀 (KOH) 與之 1:1 等重量加水中和後，以稀釋 500-1000 倍溶液行葉面與果實噴佈，每一星期一次，至少 3 次，用於防治各種卵菌綱真菌引起的病害 [1] 。調配好之亞磷酸溶液約在酸鹼值 pH6.1 左右。亞磷酸溶於水後，易氧化成磷酸，降低防病效果，故配製好之亞磷酸溶液，以當日使用為宜。亞磷酸施用後，被葉片吸收，運送至植株體內，俟疫病菌等卵菌綱真菌入侵後，刺激植株產生植物防禦素。亞磷酸在植株體內的下移性良好，防治葉部或果實病害以全株噴施為佳，而且亞磷酸以連續施用 3 次以後，方可以完全啓動防禦系統 [2] 。

磷鉀肥～ 20 — 50mM 之 oxalate 、 K_2HPO_4 、 K_3PO_4 施用於作物上有誘導性抗病的現象，對病原菌 *Colletotrichum lagenarium* 、 *Cladosporium cucumer*

inum、*Dydimella bryoniae* 、*Sphaeortheca fuligenia*、*Pseudomonas lachrymans*、*Erwinia tracheiphila*、TNV 及 CMV 有某程度的防治效果[30]；胡瓜葉面施用 25mM 之 K_2HPO_4 、KH_2PO_4、KH_2PO_4+KOH 、KNO_3、KCl 可防治白粉病，以 KH_2PO_4+KOH 加上 100ppmTween-20 效果較佳（跟 pH 值無關），而每星期噴一次可有效防治病害，可比美系統性藥劑～比芬諾，但原先存在的病斑無法去除[33]。

(3)植物油及礦物油防治白粉病的效果：

國際上有許多植物病理學者利用植物或礦物油來防治作物病害，如橄欖油 (olive oil) 、菜籽油 (rapeseed oil)、Stylet-Oil[12,29] 可防治白粉病；經乳化後的礦物油 (1%) 可防治胡瓜白粉病，但過高的濃度則易引起藥害[11]，施用的方式多半將油脂以展著劑乳化後噴施於葉部，而每週施用一次是最普遍的方式。

多年前農試所與夏威夷大學合作下，將一般食用的葵花油經過適當的乳化後，稀釋成 1000 倍溶液時可以降低番茄白粉病約 50% ，使用稀釋倍數在 200-500 倍時可以降低病害至 10-20%[19]。在田間實驗時，每週噴施一次時，對番茄、瓜類、枸杞等作物的白粉病均有良好的預防效果。此外，它對銹病、露菌病亦有相當的抑制功效，尤其在設施內施行預防性防治使用時，效果最佳。

葵花油稀釋液噴佈於植株上時，會在植物體表面形成一種薄膜，能阻隔病原菌孢子發芽與菌絲生長[19]，且有減少植物水分散失的功效，但它不會影響植物的呼吸作用及光合作用。因此，食用油不但兼具病害防治與增強光合作用效能的雙重功效，而且對環境無毒無害，符合有機生產需求及環保概念，生產成本極低的一種實用性的防病技術。

(4)植物抽出液的防病效果

在自然界有許多中藥植物（天然植物）或國人習用的中藥草，富含許多特殊的物質、具有特定之生物活性，可用於抑制多種植物病原菌。台中改良場曾大力推行利用天然植物資材，如大蒜、辣椒、木醋液等來防治作物病蟲害的發生。國外在植物抽出液防治作物病害方面之研究甚多，如 *Azadirachta indica* 葉萃取液對數種眞菌孢子、細菌均有抑制發芽或靜菌作用，對白粉菌孢子亦有作用[13]；*Corydalis chaerophylla* 之根葉萃取液 berberine ，可抑制多種眞菌孢子發芽[10]；*Rheum undulatum* 萃取物可濕粉製劑 (RK)2000 倍稀釋液，對胡瓜白粉病有 75 ～ 100% 的防治率[31]；*Reynoutria sachalinensis* 萃取液對數種作物之白粉病及灰黴病有良好的防治效果[14]，可見植物不僅可作爲動物的病害防治材料，也可用於作物病害的防治用途。

近年來，農業試驗所大量篩選各種植物抽出液對三種植物病原菌 (*Fusarium*

proliferatum 、*Botrytis elliptica* 和 *Colletotrichum gloeosporioides*) 胞子發芽的影響，結果顯示其中以山韭菜及大風子抑制胞子發芽的效果最佳。山韭菜抽出液稀釋 10 倍以後，其抑菌能力隨即下降。抽出液的揮發性氣體爲抑制鐮胞菌胞子發芽的主因。另外，以大風子的水或酒精抽出液噴施於小白菜葉片上，均能顯著降低炭疽病的發生。

植物抽出液防治作物病蟲草害是一新興的研究課題，世界各地的研究人員正積極進行相關研究。目前已有一種名爲 Milsana ®的植物抽出液產品問世，它是 *Reynoutria sachalinensis* (giant knotweed) 的酒精萃取物，推薦於防治觀賞作物白粉病及灰黴病之用。該抽出液的防病原理爲誘導植物體產生系統性抗病的功效，往後研究的空間相當大，值得群策群力發展此一尚待開發的領域。

微生物在病害防治上的利用

目前常用於植物病害的拮抗微生物，主要包括有 *Agrobacterium radiobacter strain 84* 防治腫瘤病；螢光假單胞細菌 (Fluorescent Pseudomonads) 防治多種病原引起的病害作爲種子處理及防治根瘤病；放線菌 (*Streptomyces spp.*) 防治菌核病；木黴菌 (*Trichoderma spp.*) 及膠狀青黴菌 (*Gliocladium spp.*) 防治多種病害等。雖然仍有其他拮抗微生物被研究與記載，但其中被研究最多，用途亦最廣者則首推木黴菌 (*Trichoderma spp.*) 、膠狀青黴菌 (*Gliocladium spp.*) 、枯草桿菌 (*Bacillus sp*) 、螢光假單胞細菌 (Fluorescent Pseudomonads) 及其他、、等 (16,17,18,28,31,32,34) 。

(1)木黴菌在相關作物病害之應用與發展

1932 年，Weindling 氏首先將木黴菌應用於防治 Rhizoctonia solani 所引起的病害，而開啓了木黴菌在作物病害生物防治的始頁 (34) ；爾後木黴菌陸續被研究証明是最具潛力的生物防治眞菌之一，依文獻所載可被防治的病原病害包括鐮胞菌 (如 *Fusarium oxysporum* ，*Fusarium solani* 、*Fusarium colmorum*) 引起的萎凋、根腐病；立枯絲核菌 (*Rhizoctonia solani*) 引起的莖腐病；腐霉菌及疫病菌 (*Pythium spp.* 及 *Phytophthora citrophthora*) 所引起的猝倒病及根腐病；其他如 *Heterobasidium annosum; Armillaria mellea; Ceratocystis ulmi* 及 *Chondrostereum purpureum* 及 *Phellinus spp.* 所引起之根腐病； *Sclerotium rolfsii* 所引起的白絹病； *Sclerotium cepivorum* 及 *Sclerotinia spp.* 所引起的菌核病； *Plasmodiophora brassica* 所引起的十字花科作物根瘤病； *Meloidogyne spp.* 所引起的作物根瘤病；灰黴病菌 (*Botrytis spp.*) 所引起的作物的灰黴病以及炭疽病菌 (*Collectotrichum spp.*) 所引起的炭疽病 (5,6) 。

在台灣，我們也發現木黴菌可減少多種病害的發生，如可有效降低由立枯絲核病菌引起的康乃馨根腐病、甘藍基腐病；減少 *Fusarium oxysporum* 引起之百合萎凋病害， *Sclerotium rolfsii* 引起之山蘇白絹病以及由 *Monosporascus sp* 引起之洋香瓜猝死病外；尚可減少一些空氣傳播性的病原病害，如炭疽病與白粉病 (20,21,22,24,25,26,27)；最近試驗更發現可減少胡瓜綠嵌紋病毒病害 (cucumber green mottle mosaic virus)(23)。在促進植物生長的方面，顯示有些木黴菌菌株，可促進胡瓜、苦瓜、絲瓜等植株生長 (5,6,7,8,9)。

圖一、木黴菌可促菌絲瓜幼苗生長（左，未處理對照；右，添加木黴菌）
Fig. 1. Enhancement of seedling growth of loofah with *Trichoderma spp*. (left, untreated control; right, treated with *Trichoderma spp.*)

(2)螢光假單胞細菌(Fluorescent Pseudomonads)與枯草桿菌(*Bacillus subtilis*)

在病害防治上的應用報告有： Scher & Baker (1982) 曾發現從加州土壤分離出來的 *Pseudomonas putida* 菌株，可抑制有病原性的 *Fusarium oxysporum* ，並可因其加入導病土中（如 Colorado soil) 而發生抑制作用，這種細菌後來被証明會產生一種鐵離子嵌合物 (*siderophore*) 而弱化病原菌或使其不能利用鐵離子。 Yuen et al,(1985) 等亦發現 *Ps. putida* 是康乃馨萎凋病抑病土中的主要微生物；可抑制 *Fusarium oxysporum f*. sp. *dianthi* 及降低病害。另外 Pseudomonas fluorescens 2-29 則可抑制 *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* 生長及降低小麥根腐病。

P. fluorescens Hv37a 可產生一種抑制 *Pythium ultimum* 的化合物 (AFu)，而降低棉花猝倒病。Howell & Stipanovic 亦證明 *P. fluorescens Pf-5* 可減少棉花遭受 *P. ultimum* 及 *Rhizoctonia solani* 的危害。*P. putida M17* 抑制 *Erwinia spp.* 所引起的馬鈴薯軟腐病以及 P. fluorescens CHA0 可抑制煙草根黑腐病 (*Thielaviopsis basicola*)。至於，枯草桿菌在病害上的防治主要被應用於種子處理 (Cook 1993)，主要防治對象包括菌核病 (*Sclerotium cepivorum*)、*Fusarium spp.* 引起萎凋病、*G. graminis* var. *tritici* 引起小麥根腐病、*Phytophthora spp.* 引起疫病及 *Nectria galligena* 引起之根腐病之病害等，另外台灣亦報導可用作白粉病的防治藥劑。

結　語

非化學農藥在作物病害防治上的應用，已逐漸被用來替代化學農藥的使用；如先前所提之健康種苗、抗病育種、誘導性抗病、交互保護、拮抗微生物、非農藥殺菌物質與營養液、高分子聚合物、土壤添加物、栽培管理與物理防治法等。其中如栽培管理中的物理方法；生物防治中的微生物利用及其代謝物；其他天然資材或物質如植物萃取物、礦物質、礦物油等，近年世界各國均有不錯的進展，如今年 (2003) 更有天然資材專節報告；惟各種物質或方法的使用，均有其限制與防治對象，因此作物栽培過程中所遭遇之病害問題，仍須透過瞭解作物、病原與微生物間之生態，或其間之相互作用與環境間的關係；以擬定綜合策略或依時序調節使用上述各種方法。意即需針對個別作物來擬定一套綜合防治策略，才能經濟有效的達到作物病害防治的目標。

參考文獻

1. 安寶貞。2001。植物病害的非農藥防治品－亞磷酸。植病會刊 10:147-154.
2. 安寶貞、羅朝村、謝廷芳、黃秀華。1999。作物病害之非農藥防治。農委會、農林廳編印。台中，臺灣。
3. 黃振文、孫守恭。植物病害彩色圖鑑，第二集，蔬菜病害。世維出版社。台中。
4. 謝廷芳、吳德忠。2001。重碳酸鹽在作物病害防治上之應用。永續農業 14:35-43.1.
5. 羅朝村。1997。木黴菌在作物病害管理上的應用。有益微生物在農業上的應用。研討會專刊 :57-62。
6. 羅朝村。1999。生物防治在作物病害上的應用與展望。台灣農業 。35(1):11-

22.

7. 羅朝村。2000。生物性農業藥劑之研發與應用。生物資源、生物技術。2(3)：9-12.

8. 羅朝村。2002。生物性農業藥劑可行性評估。經濟部中小企業升級轉型第53專刊。工研院出版，35頁。

9. 羅朝村。2003。台灣木黴菌之研發與應用。中華眞菌學會會刊 18：(出版中)

10. Basha, S. A., Mishra, R. K., Jha, R. N., Pandey, V. B., and Singh, U. P. 2002 Effect of berberine and bicuculline isolated from *Corydalis chaerophylla* on spore germination of some fungi. Folia. Microbiologica. 47: 161-165.

11. Casulli, F., Santomauro, A., and Faretra, F. 2000. Natural compounds in the control of powdery mildew on Cucurbitaceae. Bulletin-OEPP 30: 209-212.

12. Cheah, L. H., Cox, J. K., and Popay, A. J. 1995. Screening of plant extracts for control of powdery mildew in squash Proceedings of the Forty Eighth New Zealand Plant Protection Conference, Angus Inn, Hastings, New Zealand, August 8-10, 340-342pp.

13. Coventry, E., and Allan, E. J. 2001. Microbiological and chemical analysis of neem (*Azadirachta indica*) extracts: new data on antimicrobial activity. Phytoparasitica 29: 441-450.

14. Daayf, F., Schmitt, A., and Belanger R. R. 1995. The effects of plant extracts of *Reynoutria sachalinensis* on powdery mildew development and leaf physiology of long English cucumber. Plant Disease 79: 577-580.

15. De Waard, M. A. Georgopoulous, S. G., Hollomon, D.W., Ishii, H., Leroux, P., Ragsdale, N. N., and Schwinn, F. J. 1993. Chemical control of plant diseases: problems and prospects. Annu. Rev. Phytopathol. 31:403-421.

16. Hall, F. R., and Menn, J. J. 1999. Biopesticides: Use and Delivery. Humanna Press Inc., Totowa, NJ, USA. 626pp.

17. Huang, Ju-lin. Hsieh, Ting-fang. Hsieh, Chien-yan., and Lo, C. T. 2002. Evaluation of various formulations of *Trichoderma virens* strain R42 for suppression to Rhizoctonia damping-off of Kale. Plant Pathol. Bull. 11:235.

18. Jones, K. A., and Burges, H. D. 1998. Technology of formulation and application. p.8-30. In: Formulation of Microbial Biopesticides. Burges, H. D. ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 412pp.

19. Ko, W. H., Wang, S. Y., Hsieh, T. F., and Ann, P. J. 2003. Effects of

sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolycopersici*. J. Phytopathol. 151: 144-148.

20. Lo, C-T. 2001. Development and application of *Trichoderma spp.* for plant disease control in Taiwan. Page 85-96. in: International symposium on biological control of plant disease for the new century-model of action and application technology. Tzeng, D-S. and J-W. Huang (eds), Taiwan.

21. Lo, C.T. and Huang, J-H. 2002. Control of monosporascus root rot of melon using *Trichoderma spp.* in Taiwan. Phytopathology 92: S48.

22. Lo, C. T., Liao, T. F., and Chang, Y. N. 1999. Effect of *Trichoderma spp.* on bulb growth and suppression of southern blight of lily. Plant Pathol. Bull. 8:172.

23. Lo, C. T. Liao, T. F., and Deng , T. C. 2000. Induction of systemic resistance of cucumber to cucumber green mosaic virus by the root-colonizing *Trichoderma spp.* Phytopathology 90:S47.

24. Lo, C. T., and Lin, C-Y. 2002. Screening strains of *Trichoderma spp.* for plant growth enhancement in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 11:215-220.

25. Lo, C. T., Nelson, E. B., and Harman, G. E. 1996. Biological control of turfgrass diseases with a rhizosphere competent strain of *Trichoderma harzianum*. Plant Dis. 80:736-741.

26. Lo, C. T., Nelson, E. B., and Harman, G. E. 1997. Improved biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum* 1295-22 for foliar phases of turf diseases by use of spray application. Plant Dis. 81:1132-1138.

27. Lo, C. T., Nelson, E. B., Hayes, C. K., and Harman, G. E. 1998. Ecological studies of transformed *Trichoderma harzianum* strain 1295-22 in the rhizosphere and on the phylloplane of creeping bentgrass. Phytopathology 88: 129-136.

28. Lumsdem, R. D., Lewis, J. A., and Locke, J. C. 1998. Development of soilgard: From discovery to implementation. 7th International Conference of Plant Pathology Vol.1: 5.2.6S (abstract).

29. McGrath, M. T. and Shishkoff, N. 2000. Control of cucurbit powdery mildew with JMS Stylet-Oil. Plant Disease. 84: 989-993

30. Mucharromah, E., and Kuc, J. 1991. Oxalate and phosphates induce systemic resistance against disease caused by fungi, bacteria and viruses in cucumber.

Crop Portection 10:265-270

31. Paik, S. B., Kyung, S. H., Kim, J. J., and Oh, Y. S. 1996. Effect of a bioactive substance extracted from *Rheum undulatum* on control of cucumber powdery mildew. Korean Journal of Plant Pathology. 12: 85-90.

32. Papavizas, G.C. 1992. Biological control of selected soilborne plant pathogens with Gliocladium and Trichoderma. Pages 223-230. in: Biological Control of Plant Diseases: Progress and Challenges for the Future. .C. Tjamos, G. C. Papavizas, and R. J. Cook, eds., Plenum Press, New York.

33. Reuveni, M., Agapov, V., and Reuveni, R. 1995. Suppression of cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) by foliar sprays of phosphate and potassium salts. Plant Pathology 44: 31-39.

34. Weindling, R. 1932. *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. Phytopathology 22:837-845.

ABSTRACT

Lo, C. T., Hsieh, T. F., and Huang, J.H 2003. Application of new techniques of nonchemical pesticides to control diseases of vegetable and fruit crops. p.107-119 *in*: Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan.

(Agriculture Research Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC)

Greater attention by academia and user to reduced risk agendas (human and environment) of a crop protection strategy will greatly aid a sustainable growth of nonchemical pesticides including microbial pesticides, plant derived pesticides, natural materials, pathogen-free materials, resistant varieties and physical methods. These materials will be as alternatives to chemical pesticides for the control of plant pests on developed and developing countries. At present time, there have been developed new techniques as described above in Taiwan. These used materials included salts of carbonic acid, phosphorous acid, plant oils, plant extracts and microbial fungicides.

(Key words: pesticide., biopesticide, biocotrol, plant oil)

利用卵形捕植蟎*Amblyseius ovalis*綜合防治胡瓜銀葉粉蝨*Bemisia argentifolii*

白桂芳[1,3] 施劍鎣[2] 王前智[2]

[1]彰化縣 臺中區農業改良場作物環境課

[2]台中市 國立中興大學昆蟲學系

[3]通訊作者 彰化縣大村鄉田洋村松槐路370號

摘 要

銀葉粉蝨 *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring 顯著影響胡瓜瓜實產量。卵形捕植蟎族群於網室胡瓜上依銀葉粉蝨而存活及增殖，對銀葉粉蝨族群的抑制效果與化學防治間無差異；天敵釋放區之胡瓜產量 (324.56 kg/0.01 ha) 為對照區 (186.08 kg/0.01 ha) 的 1.74 倍。建議銀葉粉蝨初遷至胡瓜植株，或粉蝨成蟲密度達 10 隻 / 株時，即釋放卵形捕植蟎成蟎（ 7 隻 / 株或 14 隻 / 株），可獲致較佳的抑制銀葉粉蝨之效果，並確保胡瓜產量。接種釋放卵形捕植蟎可顯著降低銀葉粉蝨族群密度，若配合施用選擇性的化學藥劑，將可建立完整的銀葉粉蝨綜合管理模式。

關鍵詞：卵形捕植蟎、銀葉粉蝨、釋放密度、胡瓜產量。

前言

粉蝨類害蟲之生物防治始於 *Encarsia formosa* (Gahan) 防治網室內之溫室粉蝨 (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood))(30)，近來學者多探討寄生蜂對銀葉粉蝨之寄生率與防治效果 (13, 22)，捕食性天敵則以瓢蟲科 (Coccinellidae) 之 *Serangium* spp.、*Delphastus* spp.、*Nephaspis* spp.，草蜻蛉科 (Chrysopidae) 之 *Chrysoperla* spp. 及捕植蟎類爲主要研究的重點 (10, 16, 20, 23, 31, 32)。此外，尚有寄生性蟲生眞菌 *Paecilomyces*、*Verticillium*、*Beauveria* 等屬寄生銀葉粉蝨 4 齡若蟲 (18)。

Teich (35) 首先探討捕植蟎 *Euseius rubini* (Swirski & Amitai) 對煙草粉蝨之捕食能力，爾後諸多學者亦證實 *Euseius aleyrodis* Elbadry、*Euseius hibisci* (Chant)、*Amblyseius swirski* Athias-Henrolt、*Typhlodromus occidentalis* Nesbitt 捕食粉蝨 (9, 23, 33, 34)。然諸多報導僅見於試驗室之結論，有關捕食性蟎類與銀葉粉蝨之田間相互關係的研究則付之闕如。

卵形捕植蟎 *Amblyseius ovalis* (Evans) 分佈於東南亞、台灣及中國東南地區，爲台灣地區重要且深具利用價値的捕食性蟎類 (3)。Chang et al.(4) 及 Shih et al.(28) 對卵形捕植蟎取食數種葉蟎、花粉與人工食餌等有詳細報導。Shih and Wang(27) 與 Wang and Shih(38) 則就卵形捕植蟎對二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 之功能反應加以探討。然而卵形捕植蟎之研究範圍除對葉蟎捕食作用外，迄未曾就該捕植蟎與昆蟲害蟲間之相互關係作用報導之，亦未見將此捕食性天敵應用於田間害蟲管理之研究。本研究探討設施胡瓜上釋放卵形捕植蟎對銀葉粉蝨族群之作用力及評估釋放比例與其經濟效益，俾供日後應用本捕植蟎管理粉蝨族群之參考。

材料與方法

銀葉粉蝨及卵形捕植蟎之原始族群、供試蟲定齡

採自彰化縣福興鄉胡瓜 (*Cucumis sativus* L.) 植株之銀葉粉蝨成蟲，飼育於台中區農業改良場養蟲室內之胡瓜上，經累代飼育而建立銀葉粉蝨的試驗蟲源，以下簡稱銀葉粉蝨原始族群。

於生長條件爲 28 ±1℃，80-85% R.H.，光週期 13L:11D，平均光照度 4100 Lux 等條件的走入式植物生長室內，置多座不銹鋼昆蟲飼育架（長 160cm，寬

65cm ，每層淨高 63cm ，共三層），每層上方設二支 40 watts Sylvania 之 Gro-Lux ws (r) 燈管，供繁殖銀葉粉蝨試驗族群。自銀葉粉蝨原始族群中挑選具四齡若蟲之胡瓜葉片，放置於壓克力養蟲箱（長 78cm 、寬 40cm 、高 52cm ）內之盆植胡瓜株葉上，待粉蝨成蟲羽化後，即可獲一日齡成蟲，供本試驗之材料。部份銀葉粉蝨原始族群接入卵形捕植蟎，以建立卵形捕植蟎原始族群。由卵形捕植蟎原始族群中挑選若干雌蟎，並移置於已染有銀葉粉蝨之盆植胡瓜株上，任其產卵 24 小時後移除雌蟎，再置於植物生長室之壓克力養蟲箱內，待捕植蟎完成發育期及一日齡後，供本研究之用。

單僞結果之達豐®品種胡瓜，具有全株雌花且不需授粉即可正常結果之園藝性狀。爲降低其他生物之干擾及避免胡瓜授粉不全影響瓜實產量之精確度，故選擇此品種於設施網室內進行捕植蟎防治銀葉粉蝨及胡瓜產量調查等試驗。

不同釋放量之捕植蟎對銀葉粉蝨族群之抑制力

於台中區農業改良場試驗田之三棟網室（每棟長 25 公尺、寬 8 公尺，約 0.02 公頃，上覆透明塑膠布，四周封以 48 網目之白色絹網），分別點播達豐®胡瓜種子 60 株（每棟 4 畦，每畦種 1 行，每行 15 株）。待胡瓜植株生長至 4-5 片本葉時（約點播後第 22-24 天），每株胡瓜地際部放置一內含 5 對 2-3 日齡銀葉粉蝨成蟲之透明玻璃瓶，任其感染胡瓜植株。三棟網室 (Gn-7 、 Gn-14 處理組及 Gn-CK 對照組）的卵形捕植蟎釋放方法爲：

釋放 7 隻 *A. ovalis* （ Gn-7 ）：釋放粉蝨後，每株胡瓜立即以 00 號白圭筆移入 7 隻 2-3 日齡卵形捕植蟎（ 5 ♀ +2 ♂ ）。

釋放 14 隻 *A. ovalis* （ Gn-14 ）：釋放粉蝨後，每株胡瓜立即以 00 號白圭筆移入 14 隻 2-3 日齡卵形捕植蟎（ 10 ♀ +4 ♂ ）。

對照組 (Gn-CK) ：未釋放捕植蟎。

銀葉粉蝨及捕植蟎釋放後的每 4 日（ 4 ， 8 ， 12 ， ...44 日），分別自三處理區各逢機取樣 20 株，計算每株胡瓜上之粉蝨成蟲數及卵形捕植蟎之活動期（幼、若及成蟎）數量。

釋放卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨對胡瓜產量之影響

同前述之三棟網室，於深耕施基肥及整地後，點播達豐®胡瓜種子 60 株，生育期間施以追肥三次（複合肥 43 號， N ： P ： K=15 ： 15 ： 15) 。待胡瓜植株生長至 4-5 片本葉時，每株胡瓜地際部放置一內含 5 對 2-3 日齡銀葉粉蝨成蟲之透明玻璃瓶，任其感染胡瓜植株。該三網室胡瓜分別爲：釋放捕植蟎的生物防治區，藥劑

防治區及對照區。

生物防治區 (Gn-BC ， Greenhouse 14 *A. ovalis* released per plant) ：釋放粉蝨後每株胡瓜立即以 00 號白圭筆移入 14 隻 2-3 日齡卵形捕植蟎 (10 ♀ +4 ♂) 。每 10 日以殺菌劑 60% 撲滅寧 (Procymidone) 2000 倍噴施一次 (防治胡瓜白粉病) 。

藥劑防治區 (Gn-Chem ， Greenhouse chemical measurement) ：依化學防治慣行農法，以殺菌劑 60% 撲滅寧 2000 倍並混合銀葉粉蝨防治藥劑 9.6% 益達胺 (Imidacloprid) 溶液 1500 倍，每 10 日噴施一次。

對照區 (Gn-Fg-CK ， Greenhouse control with fungicide measurement only) ：每 10 日噴施 60% 撲滅寧 2000 倍一次。

三處理組自胡瓜結果期開始，每日採收並記錄各網室之瓜實產量至產期結束。

結果

卵形捕植蟎對銀葉粉蝨之防治效果

銀葉粉蝨族群於網室胡瓜上之增長顯然受卵形捕植蟎之影響。釋放 7 *A. ovalis* 區 (Gn-7) 及釋放 14 *A. ovalis* 區 (Gn-14) 內的銀葉粉蝨密度於釋放捕植蟎後的第 36 日顯著低於未釋放捕植蟎區 (Gn-CK) 之對照組 (表一、圖一) ，及至第 44 日，對照組之粉蝨成蟲密度高達 248.7 (61.2 隻 / 株；而 Gn-7 區及 Gn-14 區，則分別為 82.3 (31.2 隻 / 株及 61.9 (21.4 隻 / 株。二捕植蟎釋放區內之粉蝨成蟲密度差異不顯著 (表一、圖一) 。

此外，卵形捕植蟎之族群密度隨釋放後之天數而增高， Gn-7 及 Gn-14 二釋放區的捕植蟎幼蟎、若蟎及成蟎總密度具顯著差異 (表二) ，並分別於釋放後第 44 日達 124.3 ± 39.8 隻 / 株及 168.7 ± 52.5 隻 / 株；且捕植蟎較高釋放密度區 (Gn-14) 的二次族群增殖曲線均較高及需時較短 (表二、圖二) 。

卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨對胡瓜產量之影響

單偽結果之達豐®品種胡瓜，於接種銀葉粉蝨後，分別以農民慣行之化學藥劑及釋放卵形捕植蟎等二種方式管理，胡瓜自點播後第 35 天即進入採收，採收期達 36 日 (圖三) 。胡瓜產期結束前，即點播後第 71 日內，藥劑防治區 (Gn-Chem) 及生物防治區 (Gn-BC) 之胡瓜總產量分別為 368.76 kg/0.01 ha 及 324.56 kg/0.01 ha ，對照區 (Gn-Fg-CK) 則僅為 186.08 kg/0.01 ha (圖三) 。生物防治及藥劑防治區胡瓜累積產量，於採收期第 24 日 (胡瓜種子點播後第 59 日) 起的盛產期方顯著高於對照區 (表三、圖三) 。

表一、網室胡瓜釋放卵形捕植蟎對銀葉粉蝨族群增長之影響

Table 1. Effect of *Amblyseius ovalis* released on the population growth of *B. argentifolii* on cucumber in saran house

Treatment	N	No. of *B. argentifolii* adults (X±SD) per plant and days after *A. ovalis* released								Control rate (%) (CK-Treat.)/CK
		4	20	24	28	32	36	40	44	
7 *A. ovalis* (5♀+2♂) released	20	5.6±2.2 a	8.5±5.9 a	8.4±5.6 a	13.9±9.7 a	19.6±10.1 a	21.4±16.0 a	34.1±20.1 a	82.3±31.2 a	66.9
14 *A. ovalis* (10♀+4♂) released	20	5.6±1.8 a	6.8±5.6 a	7.5±5.6 a	9.7±5.5 a	14.7±5.9 a	17.8±11.2 a	25.7±12.3 a	61.9±21.4 a	75.1
CK (non-released)	20	5.2±1.5 a	12.8±8.6 a	13.9±8.7 a	24.3±21.5 a	36.2±22.9 a	89.6±22.0 b	137.1±36.8 b	248.7±61.2 b	--

Mean followed by the same letters in the same column are not significantly different at $p = 0.05$ by Fisher's LSD test.

表二、卵形捕植蟎於網室胡瓜上之族群增長

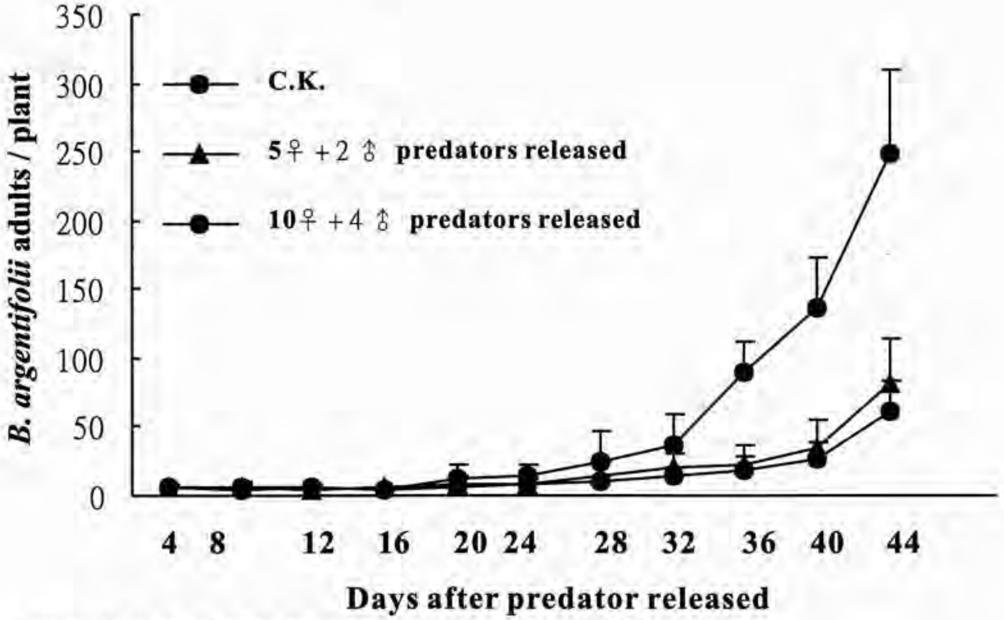
Table 2. Population growth of *Amblyseius ovalis* on cucumber in saran house

Treatment	N	No. of *A. ovalis* active stages (X ± SD) per plant and days after *A. ovalis* released								
		4	16	20	24	28	32	36	40	44
7 *A. ovalis* (5♀+2♂) released	20	4.1±1.2	15.1±5.7	21.2±7.6	14.9±6.6	52.8±24.7	59.8±20.9	68.4±24.8	98.6±41.5	124.3±39.8
14 *A. ovalis* (10♀+4♂) released	20	8.1±1.7	32.9±7.7	33.3±13.1	32.1±12.2	74.2±37.7	110.2±46.1	108.6±50.1	187.3±61.2	168.7±52.5
t-test value (t *0.05 ; 39=1.645*)		8.584*	8.309*	3.602*	5.544*	2.123*	4.453*	3.216*	5.365*	3.014*

表三、化學藥劑及卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨對網室胡瓜產量之影響

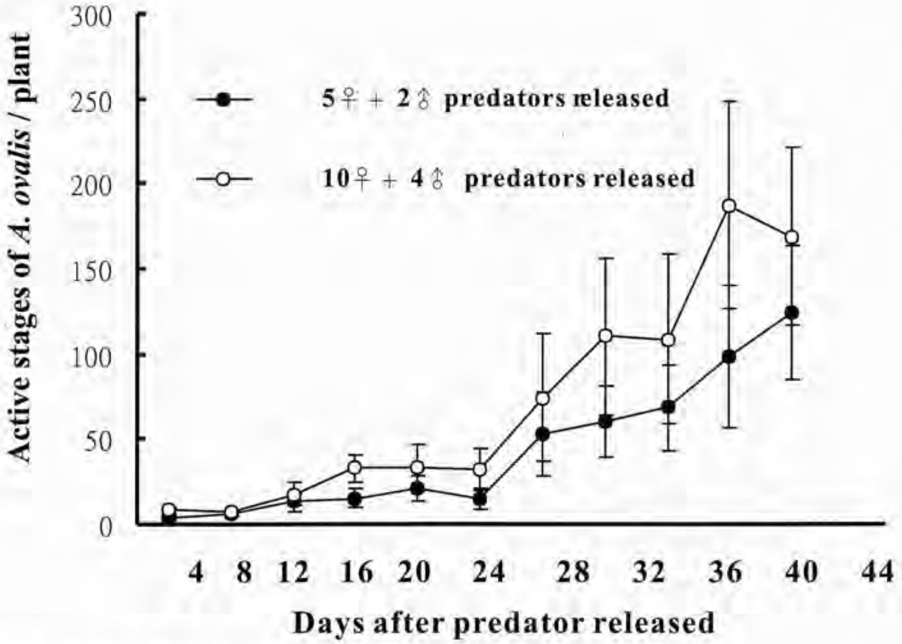
Table 3. Effect of the *Amblyseius ovalis* and the pesticides controlling of *Bemisia argentifolii* on cucumber yield in saran house

Treatment	Cumulative yield (X±SD) Kg/days after sowing							Yield added (%) (Treat.—CK) /CK
	35	41	47	53	59	65	71	
Chemical control (Gn-Chem)	1.16	11.76	32.76	101.86	202.66	332.26	368.76	98.2
Biological control (Gn-BC)	1.16	12.36	27.86	93.16	181.46	307.26	324.56	74.4
CK (Gn-FG-CK)	2.88	20.38	52.68	88.18	141.98	181.28	186.08	--



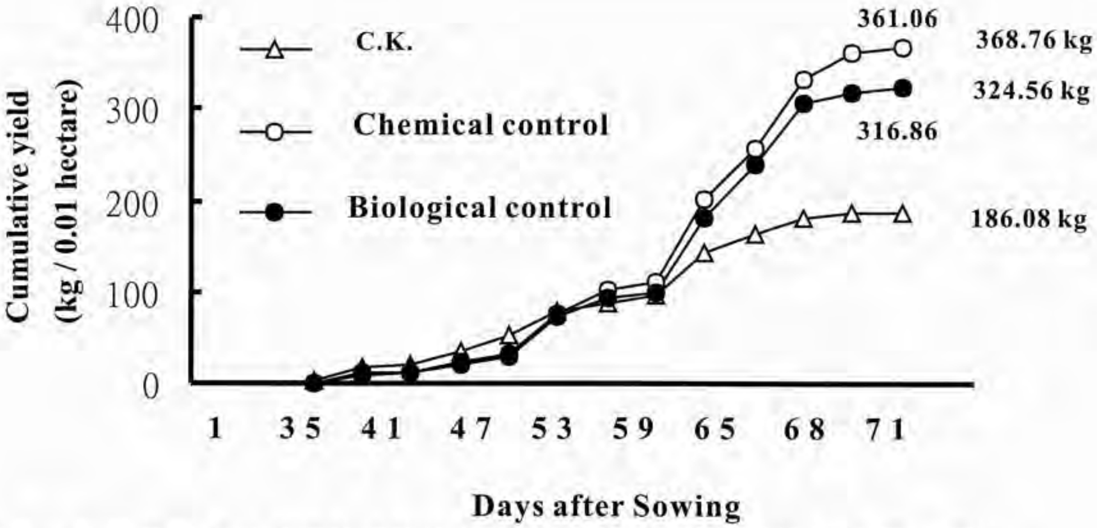
圖一、卵形捕植蟎釋放後銀葉粉蝨於胡瓜上之族群增長

Fig. 1. Population growth of *Bemisia argentifolii* on cucumber after *Amblyseius ovalis* released.



圖二、卵形捕植蟎釋放後族群在胡瓜上之增長

Fig. 2. Population growth of *Amblyseius ovalis* on cucumber after parents released.



圖三、化學藥劑及卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨對網室內達豐胡瓜產量之比較
Fig. 3. Comparison of yield between pesticides and *Amblyseius ovalis* for controlling *Bemisia argentifolii* on cucumber var. Ta-Feng in saran house.

討論

釋放卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨之效果

網室內釋放 7 隻（ 5 雌及 2 雄； Gn-7 ）或 14 隻（ 10 雌及 4 雄； Gn-14 ）的卵形捕植蟎，於釋放後第 24 日起捕植蟎密度才顯著增高（表二、圖二），以卵形捕植蟎世代時間 10.63-12.17 日（未發表）推測，此時網室胡瓜上之捕植蟎族群應爲第 2 代，而銀葉粉蝨族群顯著受到天敵抑制的時間點爲卵形捕植蟎釋放後的第 36 日（圖一）。據此推估，卵形捕植蟎在胡瓜田對銀葉粉蝨族群具顯著抑制作用當在其第 2-3 代時。胡瓜感染銀葉粉蝨的初期（ 10 成蟲 / 株）釋放 7 隻（ 5 雌 +2 雄）或 14 隻（ 10 雌 +4 雄）卵形捕植蟎，均可有效抑制銀葉粉蝨族群，且田間胡瓜生育後期，即胡瓜點播後 64 日或卵形捕植蟎釋放後 36 日，捕植蟎密度維持在 68-108 隻 / 株或以上時，可持續有效的控制粉蝨族群（表一、二，圖一）。

本研究採接種釋放 (Inoculative release)，冀望由天敵的子代來發揮抑制銀葉粉蝨族群的力量，網室胡瓜採接種釋放卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨可有效降低粉蝨族群密度達 66.9-75.1% （表一），顯然於設施內釋放卵形捕植蟎可獲致抑制胡瓜銀葉粉蝨密度的效果，相對於對照區 (Gn-Fg-CK) 可增加 74.4% 的胡瓜產量（表三）。淹沒式釋放天敵之策略在於力求當代天敵立竿見影的效果 [13]，以淹沒式釋放 *Neoseiulus (Amblyseius) cucumeris* (Oudemans) 及 *N. (A.) californicus* (McGregor) 防治草莓二點葉蟎，則可獲得 71-81% 的防治率 [7]。瓢蟲 *Delphastus pusillus* 具捕食粉蝨各齡期若蟲之能力，且可降低 55-67% 之銀葉粉蝨族群密度 [16]；卻常因粉蝨之寄生性天敵 *Encarsia* spp. 的干擾而減低瓢蟲在田間的作用力 [14]。瓢蟲及草蛉等捕食性天敵對銀葉粉蝨的防治效果與植物葉表剛毛的多寡呈負相關，反觀銀葉粉蝨在多毛的植物葉表上卻有較快的發育速率 [20]。緣此，體型較大之天敵（如瓢蟲及草蛉）在葉表多毛的葫蘆科作物上對銀葉粉蝨之作用力並不明顯 [10]。卵形捕植蟎爲本地產捕植蟎類，其族群與銀葉粉蝨族群間之正相關關係顯著及二者族群在田間具同律性（未發表），顯然卵形捕植蟎在胡瓜植株上可有效地控制粉蝨族群。因此，利用及釋放卵形捕植蟎防治胡瓜銀葉粉蝨之技術具可行性。

釋放卵形捕植蟎防治銀葉粉蝨對胡瓜產量之影響

設施網室內釋放卵形捕植蟎以抑制銀葉粉蝨族群（生物防治區），具商品價值的胡瓜總產量 (324.56 kg/0.01 ha) 與化學藥劑防治區之 368.76 kg/0.01 ha 相近；而未行銀葉粉蝨防治之對照區，其瓜實產量 (186.08 kg/0.01 ha) 則僅爲生物防治組

的 57.3%（圖三）。卵形捕植蟎釋放後 44 日內銀葉粉蝨族群均顯著低於未釋放區，顯然釋放 7 隻或 14 隻卵形捕植蟎均能有效抑制粉蝨族群密度達 44 日以上（圖一）。台灣中部春季的胡瓜栽培，自種子點播並發育至 4-5 片本葉所需時間為 22-24 日，此時正為銀葉粉蝨遷入瓜田的初期，若依適當比例釋放卵形捕植蟎，則捕植蟎天敵可有效抑制胡瓜銀葉粉蝨族群至點播後的第 68 日；而此時胡瓜瓜實之累積產量 (316.86 kg) 已達其總產量 (324.56 kg) 的 97.9%；同一時間化學藥劑防治區的瓜實產量 (361.06 kg) 亦達其總產量的 97.6%（圖三）。據此結果，顯然在網室內釋放卵形捕植蟎除有效控制胡瓜栽培期之銀葉粉蝨族群外，更可確保胡瓜全期之產量與品質（表一、圖一、三）；既減少化學藥劑防治之成本，又可避免瓜實因連續性採收特性，致令瓜實潛藏殘毒風險。此外，卵形捕植蟎暴露在殺菌劑（撲滅寧）的環境下，其族群仍有增長（表二，圖二），顯示出殺菌劑與天敵共同使用的可能性，並對經濟作物之微小型害蟲的綜合管理，提供另一思考的層面。

近 20 年來，有 60 餘種藥劑（分屬七大類）用於防治煙草粉蝨或銀葉粉蝨，但僅 15 種具田間防治效果 (6)。銀葉粉蝨對藥劑之抗性，會因不同族群所在的生態環境與用藥模式而有顯著差異 (36)。諸多學者證明，以化學殺蟲藥劑累代篩選銀葉粉蝨族群，其抗藥性為感性族群的數十倍至數百倍 (26, 29)。且多數殺蟲劑均對天敵造成毒害而大幅降低其對害蟲的抑制力 (15, 21)。

過去的案例僅 10-20% 的天敵可於田間立足，且僅更少數達到防治效果 (1)。依據理論與實際之觀點，學者主張應同時使用多種天敵以求作用力之互補 (12, 17)。而 Ehler and Hall (8) 則認為，多種天敵同時釋放將使各天敵在田間立足的時間延長，且易造成種間競爭。至今，國際間超過 600 件以上的生物防治案例，僅 16% 可達到與化學防治相同的效果，其主要原因便是天敵不易於田間立足 (11)。因此，(1) 立足機率高，(2) 與藥劑相融性高，(3) 對各不同環境條件具高適應性 (Fitness gene diversity to the adverse condition of environment) 之天敵，強過找到及同時釋放多種天敵，卵形捕植蟎似具備該等條件，將能大幅提昇生物防治成功的機率。

天敵與食餌間之相互關係，顯然受生物因子（寄主植物、微生物、非標的害蟲昆蟲、天敵異種間干擾或競爭）與環境因子（溫度、濕度、雨量）等相互作用而益形複雜 (19, 24)。例如捕植蟎感染眞菌 *Microsporidium phytoseiuli* 將顯著影響其捕食量 (2)；而寡食性 (oligophagous) 或多食性 (polyphagous) 的捕植蟎，多有自殘或捕食他種捕植蟎以增加存活率的特性 (5)。因此，生物防治銀葉粉蝨時應力求提昇田間現有天敵之捕食潛能及族群增殖率。設施環境如網室等容易控制，害蟲種類單純、較少干擾，生物防治的效果當較為顯著 (8, 37)。

本試驗證實接種釋放卵形捕植蟎顯著有效控制胡瓜銀葉粉蝨族群，又於食餌匱乏時卵形捕植蟎可利用植物（胡瓜、玉米）花粉維持其族群等特性 (25, 28)；此等結果均爲利用此本土性天敵防治胡瓜銀葉粉蝨提出有利證明。而卵形捕植蟎偏好捕食銀葉粉蝨的一、二齡若蟲（未發表），若配合田間自然發生之寄生性天敵如東方蚜小蜂 (*Eretmocerus orientalis* Silvesti) 及施用選擇性化學藥劑等，將可建立完整的銀葉粉蝨綜合防治模式。

引用文獻

1. Beirne, B. P. 1985. Avoidable obstacles to colonization in classical biological control of insects. Can. J. Zool. 63: 743-747.
2. Bjornson, B., and B. A. Keddie. 1999. Effects of *Microsporidium phytoseiuli* (Microsporidia) on the performance of the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). Biol. Contr. 15: 153-161.
3. Chang, H. Y., and Y. H. Tseng. 1978. A field survey of phytoseiid mites of tropical orchards in southern Taiwan. Plant Prot. Bull. 20: 338-345 (in Chinese).
4. Chang, H. Y., C. T. Chen, C. I. Shih, and B. H. Hsu. 1995. Effect of temperature on the development and reproduction of *Amblyseius ovalis* (Evans) (Acarina: Phytoseiidae) feeding on *Oligonychus mangiferus* (Raman and Sapra) (Acarina: Tetranychidae) and maize pollen. Plant Prot. Bull. 37: 413-421 (in Chinese).
5. Croft, B. A., and N. B. Croft. 1996. Intra- and interspecific predation among adult female phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae): effects on survival and reproduction. Environ. Entomol. 25: 853-858.
6. Dittrich, V., S. Uk, and G. H. Ernst. 1990. Chemical control and insecticide resistance of whiteflies, pp. 263-286. In D. Gerling (ed.), Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept, Andover, Great Britain.
7. Easterbrook, M. A., J. D. Fitzgerald, and M. G. Solomon. 2001. Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus (Amblyseius)* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 25: 25-36.
8. Ehler, L. E., and R. W. Hall. 1982. Evidence for competitive exclusion of

introduced natural enemies in biological control. Environ. Entomol. 11: 1-4.

9. Elbadry, E. A. 1967. Three new species of phytoseiid mites preying on the cotton whitefly, Bemisia tabaci, in the Sudan (Acarina: Phytoseiidae). Entomophaga 13: 323-329.

10. Gerling, D., V. Kravchenko, and M. Lazare. 1997. Dynamic of common green lacewing (Neuroptera: Chrysopidae) in Israeli cotton fields in relation to whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) population. Environ. Entomol. 26: 815-827.

11. Hall, R. W., L. E. Ehler, and B. Bisabri-Ershadri. 1980. Rate of success in classical biological control of arthropods. Bull. Entomol. Soc. Amer. 25: 280-282.

12. Hassell, M. P. 1978. The dynamics of arthropod predator-prey systems. Princeton Univ. Press, Princeton, N. J. 237 pp.

13. Heinz, K. M., and M. P. Parrella. 1998. Host location and utilization by selected parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae): implications for augmentative biological control. Environ. Entomol. 27: 773-784.

14. Heinz, K. M., J. R. Brazzle, M. P. Parrella, and C. H. Pickett. 1999. Field evaluations of augmentative releases of *Delphastus catalinae* (Horn) (Coleoptera: Coccinellidae) for suppression of *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homoptera: Aleyrodidae) infesting cotton. Biol. Contr. 16: 241-251.

15. Hill, T. A., and R. E. Foster. 1998. Influence of selective insecticides on population dynamics of European red mite (Acari: Tetranychidae), apple rust mite (Acari: Eriophyidae), and their predator Amblyseius fallacis (Acari: Phytoseiidae) in apple. J. Econ. Entomol. 91: 191-199.

16. Hoelmer, K. A., L. S. Osborne, and R. K. Yokomi. 1993. Reproduction and feeding behavior of *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 86: 322-329.

17. Huffaker, C. B., P. S. Messenger, and P. DeBach. 1971. The natural enemy component in natural control and the theory of biological control, pp. 16-67. In C. B. Huffaker (ed.). Biological control. Plenum Press, New York. 511 pp.

18. Landa, Z., L. Osborne, F. Lopez, and J. Eyal. 1994. A bioassay for determining pathogenicity of entomogenous fungi on whitefly. Biol. Contr. 4: 341-350.

19. Lester, P. J., D. J. Pree, H. M. A. Thistlewood, L. M. Trevisan, and R.

Harmsen. 1999. Pyrethroid encapsulation for conservation of acarine predators and reduced spider mite (Acari: Tetranychidae) outbreaks in apple orchard. Environ. Entomol. 28: 72-80.

20. Liu, T. X., and P. A. Stansly. 1999. Searching and feeding behavior of *Nephaspis oculatus* and *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), predators of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol. 28: 901-906.

21. Markwick, N. P. 1986. Detecting variability and selecting for pesticide resistance in two species of phytoseiid mites. Entomophaga 31: 225-236.

22. McAuslane, H. J., and R. Nguyen. 1996. Reproductive biology and behavior of a thelytokous species of *Eretmocerus* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 89: 686-693.

23. Meyerdirk, D. E., and D. L.Coudriet. 1985. Predation and developmental studies of *Euseius hibisci* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol. 14: 24-27.

24. Morris, M. A., R. E. Berry and B. A. Croft. 1999. Phytoseiid mites on peppermint and effectiveness of *Neoseiulus fallacis* to control *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in arid growing regions. J. Econ. Entomol. 92: 1072-1078.

25. Pai, K. F., and C. I. T. Shih. 2002. Effects of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and cucumber pollen on development and fecundity of *Amblyseius ovalis* (Acari: Phytoseiidae). Plant Prot. Bull. 44: 101-114 (in Chinese).

26. Prabhaker, N., N. C. Toscano, and T. J. Henneberry. 1998. Evaluation of insecticide rotations and mixtures as resistance management strategies for *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 91: 820-826.

27. Shih, C. I. T., and C. J. Wang. 2001. Functional response of *Amblyseius ovalis* (Evans) (Acarina: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* Koch (Prostigmata: Tetranychidae): Effects of prey stages. In: Acarology X, R. B. Halliday, D. E. Walter, H. C. Proctor, R. A. Norton and M. J. Colloff (eds.), pp. 498-505. CSIRO Publishing, Melbourne.

28. Shih, C. I. T., H. Y. Chang, P. H. Hsu, and Y. F. Hwang. 1993. Responses of *Amblyseius ovalis* (Evans) (Acarina: Phytoseiidae) to natural food resources and two artificial diets. Exp. Appl. Acarol. 17: 503-519.

29. Sivasupramaniam, S., and T. F. Watson. 2000. Selection for fenpropathrin and fenpropathrin + acephate resistance in the silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 93: 949-954.

30. Speyer, E. R. 1927. An important parasite of the greenhouse white-fly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood). Bull. Entomol. Res. 17: 301-308.

31. Stinner, R. E. 1977. Efficacy of inundative releases. Ann. Rev. Entomol. 22: 515-531.

32. Swirski, E., and N. Dorzia. 1968. Studies on the feeding, development, and oviposition of the predaceous mite *Amblyseius limonicus* Garman and McGregor (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. Isr. J. Agric. Res. 18: 71-75.

33. Swirski, E., and N. Dorzia. 1969. Laboratory studies on the feeding, development, and fecundity of the predaceous mite *Typhlodromus occidentalis* Nesbitt (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. Isr. J. Agric. Res. 19: 143-145.

34. Swirski, E., S. Amitai, and N. Dorzia. 1967. Laboratory studies on the feeding, development, and fecundity of the predaceous mites *Amblyseius rubini* Swirski and Amitai and *Amblyseius swirski* Athias (Acarina: Phytoseiidae) on various food substances. J. Agric. Res. 17: 101-119.

35. Teich, Y. 1966. Mites of the family Phytoseiidae as predators of the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius. Isr. J. Agric. Res. 16: 141-142.

36. Toscano, N. C., N. Prabhaker, S. J. Castle, and T. J. Henneberry. 2001. Inter-regional differences in baseline toxicity of *Bemisia argentifolii* (Nomoptera: Aleyrodidae) to the two insect growth regulators, Buprofezin and Pyriproxyfen. J. Econ. Entomol. 94: 1538-1546.

37. van Lenteren, J. C. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouse. Ann. Rev. Entomol. 33: 239-269.

38. Wang, C. J., and C. I. T. Shih. 2001. Functional responses of *Amblyseius ovalis* (Evans) on *Tetranychus urticae* Koch: Effects of substrate component and size of rearing arena (Acari: Phytoseiidae: Tetranychidae). In: Acarology

X, R. B. Halliday, D. E. Walter, H. C. Proctor, R. A. Norton and M. J. Colloff (eds.), pp. 506-512. CSIRO Publishing, Melbourne.

Abstract

Pai, K.F., Shih, C. I., and Wang, C. J. 2003. Integrated control of *Bemisia* avgentifoli with *Amblyseius ovodis* on cueumber. Proceedings of Intedgrated Management of Crops Pests in Taiwan.

Taichung District Agricultural Improvement Station, Tatsuen, Changhua, Taiwan.

The silverleaf whitefly *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (SLWF) reduced the fruitage yield of cucumber. *Amblyseius ovalis* suppressed SLWF population density on cucumber and it showed the same degree of effectiveness as chemical measures. The cucumber yields were higher on *A. ovalis* released plots (324.56 kg / 0.01 ha) than no predators released plots (186.08 kg / 0.01 ha) . We released *A. ovalis* 7 adults / plant or 14 adults/plant and achieved a better suppression on SLWF density and a higher yield of cucumber fruitage. Inoculative release of *A. ovalis* increase the cucumber yield, so did the measures of integrating predator releases and selected pesticide. We conclude that *A. ovalis* can be adopted for integrated control of SLWF with carefully selected pesticides.

Key words: *Amblyseius ovalis* 、 *Bemisia argentifolii* 、 release densities 、 cucumber yield

柑桔黃龍病之感染與防治

洪士程[1] 陳秋男[2] 洪挺軒[3] 蘇鴻基[3]
[1]嘉義市 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所
[2]台北市 國立台灣大學昆蟲學系
[3]台北市 國立台灣大學植物病理與微生物學系

摘 要

柑桔木蝨 (*Diaphorina citri*) 傳播之黃龍病 (huanglongbing) 爲柑桔之重要病害，由一種多型性的擬細菌 (Fastidious bacteria) 所引起，植株受感染後經過一段時間，病原將分布整個植株，屬於系統性病害。柑桔黃龍病目前尚無有效之治療藥劑，注射抗生素如四環黴素雖會得到暫時性的舒緩效果，但卻無法完全根治。種植無病健康苗、防治柑桔木蝨及砍除田間病株爲防治的基本原則。但田間實際狀況非常複雜，唯有對病原菌、媒介昆蟲及其相關之環境因子作通盤了解，方能適時作出有效防治。黃龍病病原菌不經木蝨卵傳播，木蝨一旦獲毒即終生帶毒，若蟲之獲毒能力佳，成蟲獲毒能力差，荒廢柑園則是孕育帶毒木蝨的最佳場所。黃龍病的防治首應注重荒廢柑園的清除，避免帶毒木蝨遷飛侵入附近果園造成感染。其次針對柑桔木蝨之遷飛期與發生期進行藥劑防治，避免木蝨在芽期大量繁殖而造成柑園內黃龍病之蔓延與流行。若能做好柑桔木蝨的防治工作，再加上種植健康苗與清除田間病株，即可有效減少黃龍病之發生。

關鍵詞：黃龍病、柑桔木蝨、感染、防治。

前言

黃龍病普遍發生危害各柑桔品種，嚴重影響柑桔產量與品質，成爲柑桔生產之重要限制因子。此病主要經由種苗傳播，而在種植後又經柑桔木蝨媒介傳播。針對此問題，農政單位自 1981 年開始推行柑桔生產改進方案，逐年推行無毒柑桔種苗之技術及制度，惟健康苗定植田間後，仍會受柑桔木蝨媒介再感染，如何避免再感染便成爲健康苗推廣種植後的重要課題。黃龍病防治之基本原則爲種植健康苗、清除病株及防治柑桔木蝨。黃龍病防治方法之擬訂則需依據柑桔木蝨生態學之研究、柑桔木蝨媒介傳播特性及田間黃龍病傳播方式等資料，加以整合分析，理出一套防治方法，來確保健康苗 / 株不被感染。

前人研究

柑桔黃龍病 1943 年首見於中國大陸。 1947 年南非也發生危害，受害果因果實變小、轉色不完全而呈綠色外觀，以 greening 稱之。 1951 年起黃龍病在台灣開始嚴重發病，此病當時傳播快，對柑桔產業造成重大威脅。台大植病系松本教授作了病因之研究，確定本病爲接穗嫁接傳播之系統性病害 (virus-like disease) ，於 1961 年以立枯病 (Likubin) 之名稱發表，認爲可能是與 CTV 混合感染之普通病毒。

1976 年 Garnier[2] 等報告菲律賓的 Leaf mottle yellows 與台灣之 Likubin 之病原體被膜構造皆和南非 greening 之病原體被膜相似，與單層擬菌質體 (Mycoplasma-like organism) 不同。 1976 年 Su and Chang[11] 由此病原對青黴素及四環黴素等抗生素所作的治療試驗結果，推定此病原爲有細胞壁之原核菌。 1980 年 Bove[1] 等人亦得到相似的結果，而依據 Gibbons and Murray 對原核生物之分類法，將此病原歸屬於 "Gracilicute-like bacterium" 。 1987 Huang and Su[3] 利用電子顯微鏡確定了此菌的形態屬性：它是多型性的特殊細菌 (fastidious bacteria) ，呈長桿狀，大小約 350-550 × 600-1500nm ，外包薄壁，通常行出芽生殖，寄生於維管束之篩管細胞，菌體可變形通過篩管而作移動。

關於黃龍病的傳播研究，早在 1960 年代中期就知道有兩種木蝨 (Psylla) 和黃龍病傳播有關。在南非的媒介昆蟲是 *Trioza erytreae* (Del Guercio) ，而亞洲地區的媒介昆蟲爲 *Diaphorina citri* (Kuwayama) 。 1973 年 Moll and Martin[8] 以電子顯微鏡觀察到木蝨體內有病原菌後，對病原的傳播機制才有些了解。 1976 年

Massonie 等人 [7] 證實 *Trioza erytreae* 亦能傳播亞洲地區之黃龍病。1986 年 Huang and Su[3] 發現在台灣地區木蝨體內很不容易用電子顯微鏡觀察到病原，因而推測台灣木蝨的生態型 (biotype) 是親和力不高的媒介昆蟲，傳播率不高。

此病至今無法培養，而在寄主體內因含量少且分布不均，因此以傳統的方法，如指示植物之生物檢定法及電顯觀察法皆不易偵測到病原菌且費時而又效率低。1984 年 Su 等人曾製備單元抗體來偵測病原，但所得之 ELISA 值低且不穩定。直至 Hung 等人 [4,5] 利用分子生物學方法，製備 DNA 探針，終於才能正確而敏感的診斷此病害。DNA 探針配合應用點漬雜配法 (Dot hybridization) 提供了一套高敏感度且高專一性的黃龍病原偵測法，此方法已廣泛應用於黃龍病原之各項檢疫工作及田間發生生態調查。1999 年 Hung[6] 更利用 PCR 技術，自選殖到的黃龍病原特異性 DNA 片段之序列中，找出特異性引子對，進行 PCR 增幅反應，大大提高了偵測敏感度，此技術業已發展成熟，協助國內外的檢疫工作已行之有年，且對我國柑桔健康種苗建立助益甚多。

田間病株爲黃龍病的主要感染源，1994 年 Hung[4] 利用核酸探針追蹤，發現許多外表健康的植株其實是已帶有病原的病株。許多植株在測到病原以後，超過一年的時間仍未產生病徵。就一剛呈現病徵的病株而言，病原在植株內的分布是很不平均的，沒有病徵的部分甚至測不到病原。據推測，可能因病原寄生在篩管組織，移動時需經由篩孔，而菌體不似病毒般微小，故移動速度緩慢，但仍會漸漸的擴及其他部位，直到全株出現系統性病徵。當全株都呈現病徵時，以核酸探針去偵測，除莖、葉、花、果實外，地下的根部亦可測得病原，病原含量在植株之分布，熟葉≧老葉≧幼葉；花＞莖＞葉＞果實。雖含量略有差異，但差別不大。

黃龍病田間傳播方式

柑桔黃龍病在田間主要經由柑桔木蝨媒介傳播。木蝨自行分散能力弱，平時在老葉下吸食汁液，不太活動，受干擾時僅作短距離的跳躍飛行。當植株出現新芽時，木蝨成蟲會受吸引而聚集新芽上取食、交尾與產卵，鄰近植株新芽的誘引是促使木蝨短距離移動的誘因。較長距離的遷飛發生於每年的 3-5 月，柑桔木蝨在遷飛時僅作低空飛行，因此遷飛之木蝨侵入附近柑園時會先停留在柑園外圍的柑株上取食、產卵並造成感染。

荒廢柑園是病原菌和木蝨的滋生地，是孕育帶毒木蝨的最佳場所。荒廢柑園與正常管理柑園間木蝨族群之互動情形，可由群聯族群 (metapopulation) 之理論來探討。荒廢柑園之木蝨亞族群由於常年皆未施藥與管理，基本上不經歷局部滅絕並經

年不斷繁殖，遷飛期帶毒木蝨會不斷地向外遷飛，侵入附近正常管理柑園造成感染；而正常管理之柑園，木蝨亞族群因施藥防治而頻繁消失，來自荒廢柑園的木蝨個體會不斷再移入定居、繁殖，致使其族群得以持續，其間表現出“源一匯動態”(source-sink dynamic) 的族群系統關係。

有防治之柑園，黃龍病之感染主要由侵入之木蝨所造成，由於經常施藥防治，果園內木蝨數量很少，病株通常分散，感染速率也很慢。

疏於管理的柑園，黃龍病之發生爲擴散式的感染方式，由於同時存在木蝨與病株，木蝨在病株上大量繁殖後會分散至鄰近植株造成感染，且愈接近病株的植株愈容易受到感染。若未防治，感染速率將非常快，短期間可蔓延開來而造成流行。

柑桔木蝨媒介特性

柑桔木蝨爲不經卵傳播之終生帶毒的媒介昆蟲，若蟲自第二齡起可用 PCR 法偵測到體內帶有病原菌。依獲毒試驗結果發現，若蟲獲毒能力佳，成蟲獲毒能力差。若蟲在病芽上取食後，帶毒蟲率會隨著齡期增加而遞增，高者可達 90% 以上；成蟲在病株上吸食獲毒，無論吸食多久，帶毒蟲率皆不超過 5% 。因而得到一重要訊息，即柑桔木蝨若要成爲帶毒蟲，若蟲期在病株上吸食與成長爲必要的條件，荒廢柑園則是孕育帶毒木蝨的最佳場所。

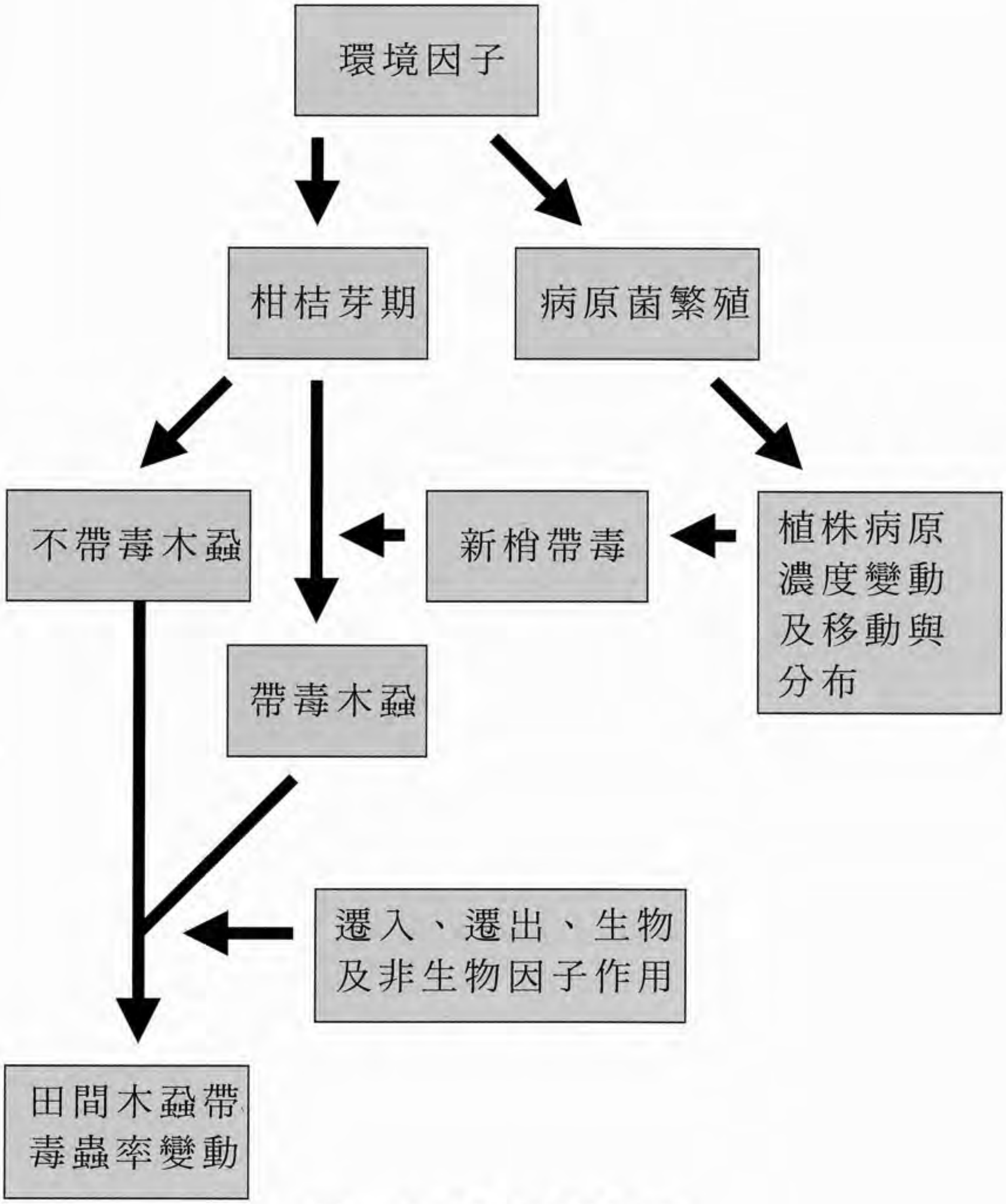
木蝨若蟲雖獲毒能力佳，但影響若蟲能否成爲帶毒蟲，則取決於被取食之新芽是否已有病原菌分布。黃龍病病原菌因移動速度慢且分布不均，因此，即使在發病嚴重之柑株所長出的新芽，經 PCR 檢測結果，並非全部新芽皆能檢測到帶有病原菌。在不帶病原菌的新芽上發育成長的木蝨若蟲，自然也不會成爲帶毒蟲。

柑桔木蝨帶毒蟲率之週年變動

田間木蝨成蟲之帶毒蟲率會隨著季節而變動，在荒廢柑園內每年 3 月及 8 月爲木蝨帶毒蟲比率較高的時期，此時帶毒蟲率可高達 75% 以上（其他時段之帶毒蟲率爲 30-50% 之間）。

由於植株內病原菌的繁殖會受環境溫度影響，使得植株內病原濃度有季節性的變動 [4]，連帶的也影響到植株內病原菌的移動與分布，當它表現在新芽上，即顯示新芽帶毒率的高或低。病株之新芽帶毒率有季節之差異存在，因而不同季節羽化的木蝨帶毒蟲率也有差異。

造成田間木蝨成蟲帶毒蟲率隨著季節變動的主要原因（圖一），爲各芽期新羽



圖一、木蝨帶毒蟲率變動原因

化蟲的加入，田間木蝨之遷入、遷出，加上生物及非生物因子之作用，使田間木蝨帶毒蟲率隨著季節而作規律的變動。

柑桔木蝨族群動態

柑桔木蝨發生的適宜溫度爲 20 °C以上，以 22-29 °C最適宜。在 20 °C以下，食料又缺乏時，不能大發生。適量的降雨有利於木蝨的發生，大雨及乾旱對其發生不利。

樹勢弱、樹冠小的柑桔樹，新梢抽生不整齊，食料供應期長，木蝨發生較多；管理較好，特別是茂密的柑園，由於抽梢整齊，食料供應期短，限制了木蝨的繁殖，發生量就少。

柑桔木蝨之周年發生數量 (12)，以春芽期最多，夏芽期次之，秋芽期最少。一般春芽品質最好，提供木蝨良好食料，隨著氣溫上升，木蝨蟲口急劇增加，此時尚無有效天敵控制，是一年內木蝨密度最高的時期。夏芽較不整齊，加上溫度過高及天敵種類與數量逐漸增加，密度受到有效控制。秋芽期新芽數量不多，加上天敵種類及數量已高，木蝨發生量較少。 10 月中、下旬以後，降雨逐漸減少，溫度下降至 20 °C以下，柑株即將進入休眠，木蝨蟲口密度急劇下降。依此可知，木蝨的發生消長與新梢抽發、溫度、降雨、天敵及栽培管理等均有密切相關。

柑桔木蝨遷飛時期

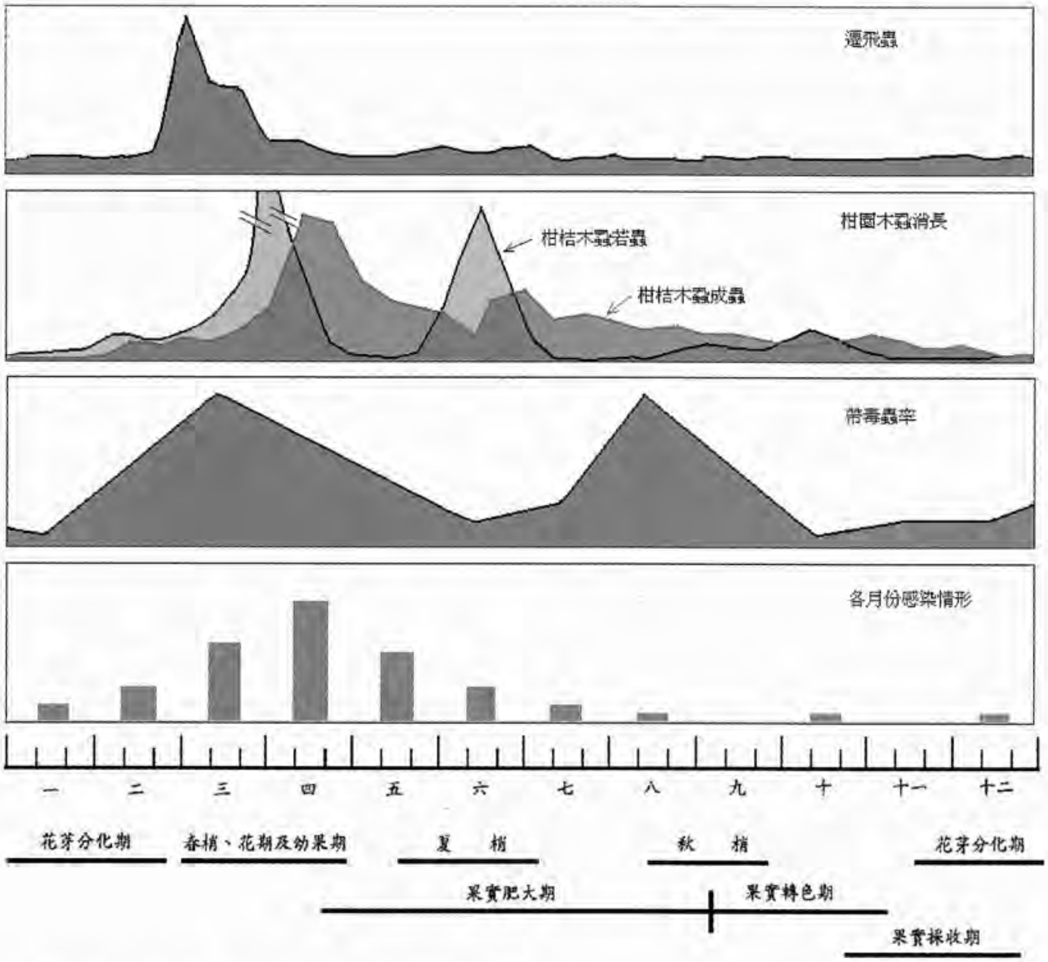
柑桔木蝨自行分散能力弱，無新芽時會停留在老葉下吸食汁液，受驚時僅跳飛幾秒後即降落原起飛處附近，然密度高時或環境不適時亦可進行遷飛活動。荒廢柑園內的木蝨在春芽期經大量繁殖後密度很高，是主要的遷飛蟲來源。

柑桔木蝨的遷飛蟲侵入柑園後會造成植株感染，在芽期經大量繁殖後又會造成柑園內黃龍病的蔓延。因此，木蝨遷飛蟲的防治是黃龍病防治工作的重點，獲得木蝨何時遷飛侵入柑園的資訊，對木蝨適時施藥防治是絕對需要的。

Samway et al (9,10) 曾發展以 Saturn yellow 黏板來偵測非洲木蝨 (*Trioza erytreae*) 成蟲。以黃色黏板誘集法偵測柑桔木蝨，僅能誘到少量成蟲。但以大量的黃色黏板置於柑園四周，還是可以偵測到柑桔木蝨的遷飛現象，經過三年的調查，發現柑桔木蝨之遷飛時期發生於每年的 3-5 月。

黃龍病之感染時期

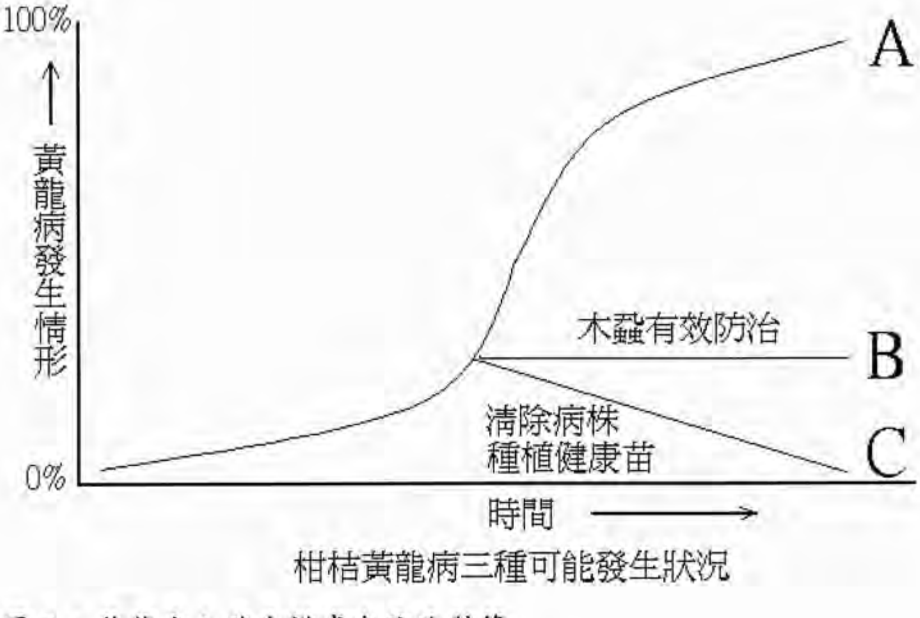
田間黃龍病的季節感染動態如圖二所示，主要發生於每年的 2-6 月，而 4 月爲感染之高峰期。田間感染高峰的形成是由幾個因子相配合所造成的，即必須有木蝨的遷飛行爲、高的木蝨族群密度，以及高的帶毒蟲率。就各芽期來說，春芽期各個因子均配合得很好， 3-5 月木蝨的遷飛，加上高族群密度與高的帶毒蟲率，是一年中黃龍病最重要的感染時期。夏芽期木蝨數量雖有增加，但遷飛情形減少，帶毒蟲率也低，感染情形就少了。到了秋芽期，由於新芽數量不多，加上天敵種類及數量漸多，木蝨發生量較少，也無遷飛現象，帶毒蟲率雖有上升，但感染之情形已不多。



圖二、黃龍病的感染與其他因子之關係

黃龍病防治之理論基礎

柑桔園黃龍病的整個發生過程如圖三所示，發生初期病株和木蝨數量皆很少，植株受感染情形僅零星發生，此時黃龍病之傳播速率極為緩慢。以後隨著時間的流轉，受感染植株逐年增多，當田間病株及木蝨數量達到一定程度，也就是超過大發生的臨界點時，黃龍病之傳播速率急劇增加而最終到達 A 點，使柑桔之生產受嚴重影響。在黃龍病發生初期如能有效防治木蝨，可使病株不再增加而停留於 B 點，若能清除病株並種植健康苗，可逐漸減少黃龍病之發生數量而到達 C 點。



圖三、黃龍病之發生模式與防治對策

黃龍病之防治對策

若柑園內種植健康苗而無病株存在，在沒有病原菌的情況下，雖有木蝨存在，黃龍病亦不會發生。反之，若柑園內有病株存在，但無木蝨發生，黃龍病亦不會蔓延流行。一般柑桔園造成黃龍病的發生與流行，多是由於果農在不自覺的情況下種植了帶病的苗木而成了感染源，或因侵入的木蝨帶有病原而造成感染，加上疏於防治，使柑園之黃龍病逐漸蔓延開來。

柑桔黃龍病爲系統性病害，植株受感染經過一段時間後，病原菌會分布到整個植株。柑桔黃龍病之防治，目前尚無抗病砧木、抗病接穗或有效之化學藥劑。注射抗生素例如四環黴素雖會得到暫時性的舒緩效果，但卻無法完全根治。

過去曾使用四環黴素治療黃龍病，以葉面噴灑、根部澆灌或樹幹點滴注射的方法行之，使用後雖可使植株恢復生機，但每隔一段時間即需施用一次，否則病徵會再出現。使用四環黴素的缺點是不能將病原菌完全根除，長期使用容易產生抗藥性問題，用藥量需不斷提高，藥劑對植株亦會產生藥害，且田間病株仍是感染源，因此四環黴素並不適於作爲黃龍病治療之用。

實際可以採行之防治策略著實難求，幸好黃龍病病原僅存在帶病寄主及媒介昆蟲體內，而不能生存於土壤、空中或其他非寄主植物。因此，可採行之防治策略爲避免受病原菌感染，即充分供應不帶病原之苗木，栽植無病健康苗，砍除病株，適時施用殺蟲劑消滅媒介昆蟲，當可預期減少黃龍病之發生。

柑桔木蝨之防治

柑園內黃龍病之嚴重程度與病原菌濃度、病株多寡及媒介昆蟲密度有關。由於黃龍病在田間主要藉由木蝨傳播，因此，就防治的觀點而言，防治柑桔木蝨即可有效抑制黃龍病發生。柑桔木蝨防治工作的重點包括兩個部份，即荒廢柑園的清除與正常管理柑園的防治工作。

1.清除荒廢柑園

荒廢柑桔園爲黃龍病防治工作的死角，以往農民對黃龍病的傳播機制未能深入瞭解，每個人只想將自己果園的防治工作做好，並未考慮木蝨的侵入與滋生源問題。我們在偵測柑桔木蝨成蟲之遷飛調查中發現，每年 3 月至 5 月之柑桔木蝨遷飛期，荒廢柑桔園內之木蝨經大量繁殖後會往外遷飛，侵入附近柑桔園。正常管理之柑桔園與荒廢柑園距離越近，帶毒木蝨侵入的風險也越高。因此，黃龍病之防治工作應由根本著手，將荒廢柑桔園清除乾淨，將病源與蟲源徹底清除，可避免帶毒木蝨不斷的再侵入造成感染，此爲黃龍病防治上最根本且最迫切之重點。

2.正常管理柑園的防治工作

在柑園內，爲顧慮單隻帶毒的木蝨成蟲即可能傳病，防治上應側重於藥劑防治。化學防治爲最有效之防治方法，防治之重點包括防除每年 3-5 月遷飛侵入柑園的木蝨及在各個芽期進行藥劑防治，避免侵入的木蝨造成感染及在芽期大量繁殖，

而造成柑園內黃龍病的蔓延危害。其他防治措施包括加強柑園肥培管理，使樹勢壯健，抽梢發芽整齊，亦可減少柑桔木蝨繁殖與危害。

結 語

黃龍病的防治首應注重荒廢柑園的清除，將感染源去除，避免帶毒木蝨侵入造成感染。其次針對柑桔木蝨之遷飛期與發生期進行藥劑防治，避免木蝨在芽期大量繁殖，而造成柑園內黃龍病之蔓延與流行。若能做好柑桔木蝨的防治工作，再加上種植健康苗與清除田間病株，即可有效減少黃龍病之發生。

引用文獻

1. Bové, J. M., Bonnet, P., Garnier, M. and Aubert, B. 1980. Penicillin and tetracycline treatments of greening disease affected citrus plants in the glasshouse and the bacterial nature of the prokaryote associated with greening. In: Proceedings of the 8th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. pp. 91-97. University of California, Riverside, USA.
2. Garnier, M., Latrille, J. and Bové, J. M. 1976. *Spiroplasma citri* and the organism associated with likubin: comparison of their envelope systems. In: Proceedings of the 7th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. pp. 13-17. University of California, Riverside, USA.
3. Huang, A. L. and Su, H. J. 1987. Electronmicroscopical studies on the morphology and population dynamic of fastidious bacteria causing citrus likubin. Ph.D. thesis published by National Taiwan University, Taiwan.
4. Hung, T. H. 1994. Preparation and application of diagnostic DNA probes to ecological studies on the fastidious bacteria causing citrus greening. Ph.D. thesis. Published by National Taiwan University, Taiwan. 253pp.
5. Hung, T. H., Wu, M. L. and Su, H. J. 1999. Detection of fastidious bacteria causing greening disease by nonradioactive DNA probes. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 65: 140-146.
6. Hung, T. H., Wu, M. L. and Su, H. J. 1999. Development of a rapid method for the diagnosis of citrus greening disease using the polymerase chain reaction. J. Phytopathology. 147: 599-604.

7. Massonie, G., Garnier, M. and Bové, J. M. 1976. Transmission of Indian citrus decline by *Trioza erytreae* (Del Guercio), the vector of South African greening. In: Proceedings of the 7th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. pp. 18-20. University of California, Riverside, USA.
8. Moll, J. N. and Martin, M. M. 1973. Electron microscope evidence that citrus psylla (*Trioza erytreae*) is a vector of greening disease in South Africa. Phtophylactica 5: 41-44.
9. Samways, M. J. 1984. Use of saturn yellow traps for monitoring *Trioza erytreae* (Homoptera: Triozidae) and an attempt at commercial suppression using yellow barriers and trap trees. Proc. Greening Symp., Citrus and Subtropical Fruit Research Institute. Nelspruit, South Africa, 26-28 November 1984, CSFRI Pub., pp. 71-83.
10. Samways, M. J. 1987. Phototactic response of *Trioza erytreae* (Del Guercio) (Homoptera: Triozidae) to yellow-coloured surfaces, and an attempt at commercial suppression using yellow barriers and trap trees. Bull. Entomol. Res. 77: 91-98.
11. Su, H. J. and Chang, S. C. 1976. The responses of the likubin pathogen to antibiotics and heat therapy. In: Proceedings of the 7th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. pp. 27-34. University of California, Riverside, USA.
12. Wang, L. Y., Hung, S. C., Hung, T. H. and Su, H. J. 1996. Population fluctuation of *Diaphorina citri* Kuwayama and incidence of citrus likubin in citrus orchards in Chiayi area. Plant Prot. Bull. 38: 355-365.

Abstract

Hung, S. C., Chen, C. N., Hung, T. H., and Su, H. J. 2003. Infection and control of citure huanglongbing. p.139-150 *in* : Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan.

Huanglongbing (HLB) is an important systemic disease of citrus. It is caused by the fastidious bacterium that is transmitted by the insect vector, *Diaphorina citri* (Kuwayama), with a persistent but not transovarial manner. The acquisition efficiency of HLB bacteria in nymphs seems to be better than that in adults. It is necessary for efficient control of HLB to study the epidemiology associated with interactions among pathogens, vectors and climatic factors. Diseased citrus trees usually become the most important source of inoculum. It is essential to limit inoculum for the control of the disease. The efficiency of HLB control depends on the successful elimination of inoculum. Control of HLB can be achieved by several methods such as eradication of infected plants, elimination of the insect vector and cultivation of pathogen-free seedlings. Application of antibiotics in HLB-infected trees may alleviate symptoms but not eradicate the HLB bacteria. Long-term treatments with tetracycline also resulted in chemical injury in citrus plants. Tetracycline is considered to be bacteriostatic for HLB bacteria, and it needed to be applied regularly to continue its effect. It is therefore harmful to environment and easily causes the emergence of antibiotic-resistant bacteria.

Key words: Huanglongbing, citrus psyllid, infection, control.

台灣作物線蟲病害之發生及其綜合防治

程永雄[1] 蔡東纂[2] 莊明富[1] 倪蕙芳[1]
[1]嘉義市 行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所
[2]台中市 國立中興大學植物病理學系

摘 要

本省植物病原線蟲經調查計有 31 屬 41 種寄生性線蟲爲害本省經濟作物而其中導致本省作物連作障害的線蟲，首推根瘤線蟲 *(Meloidogyne incognita, M. javanica, M. arenaria, M. hapla)*，其次爲南方根腐線蟲 (*Pratylenchus coffeae*) 及柑桔線蟲 (*Tylenchulus semipenetrans*)。此外，地上部植物病原線蟲如葉芽線蟲 (*Aphelenchoides besseyi*) 及松材線蟲 (*Bursaphelenchus xylophilus*) 在本省水稻及二葉松等作物上亦造成重大危害。本省作物線蟲病害之防治宜採用健康種苗，選植抗線蟲之品種或砧木，配合非寄主作物輪作制度、土壤有機質添加、生物防治、太陽能土壤消毒及化學葯劑以消滅或管理降低土壤中病原線蟲之密度，以減少線蟲之危害，並達成永續管理之目地。

前 言

台灣地處於亞熱帶，可耕地大都是壤土或沙壤土，作物種類多，是寄生性線蟲繁殖最佳環境。攸關台灣植物寄生性線蟲種類之記錄，始於1913年澤田氏對柑桔線蟲根部之描述[19]，隨之1924年列舉本省有41科115種植物受根瘤線蟲之爲害。1970至1971年間，黃氏等[8]全面調查本省雜糧、特用作物、花卉、蔬菜、果樹、樹林及其他等140 種植物，統計有27屬之作物寄生性線蟲存在於農田中，至1996年蔡氏等[1,12,15,18] 報導有31屬41種寄生性線蟲爲害本省經濟作物，引起作物連作障害的線蟲，首推根瘤線蟲(*Meloidogyne incognita, M. javanca, M. arenaria, M. hapla*)，其次爲南方根腐線蟲(*Pratylenchus coffeae*)及柑桔線蟲(*Tylenchulus semipenetrans*)。

經濟作物受線蟲之爲害，首推柑桔多年生果樹，本省15縣市柑桔栽培區均已遭受柑桔線蟲(*T. semipenetrans*)之爲害，引起柑桔慢性衰弱病(slow decline disease of citrus) ，在1609個樣品中，有1198個樣品之根系及土壤中含帶柑桔線蟲，其發生率爲74.5 %。柑桔線蟲之寄生除了以酸桔、廣東檸檬及枳殼爲根砧之柑桔類作物外，還包括巨峰、金香等葡萄、柿子與馬齒莧、馬唐、藜等雜草[16]。花卉及觀賞作物由於本省經濟快速發展，帶動園藝花卉產業之繁榮，新品種花卉及新興園藝作物便成農友田間、溫室的新寵，助長線蟲之傳播、孳長，漸漸成長花卉及觀賞作物線蟲病害連作障害問題。地上部植物病原線蟲主要有葉芽線蟲(*Aphelenchoides besseyi*)及松材線蟲(*Bursaphelenchus xylophilus*) ，地下部植物病原線蟲主要有南方根瘤線蟲(*M. incognita*)、爪哇根瘤線蟲(*M. javanica*)、螺旋形線蟲(*Helicotylenculus spp. Rotylenchus spp.*)矮化線蟲(*Tylenchorhynchus spp.*)、環紋線蟲(*Criconemoides spp.*)及南方根腐線蟲(*Pratylenchus spp.*)等[9]，在植物檢疫上應密切防止穿孔線蟲(*Radopholus similes, R. citropholus*)及莖線蟲(*Ditylenchus dipsaci, D. destructor*)之引進[14]。花卉及觀賞作物線蟲病之感染途徑有三：一、爲種苗或球莖、球根、塊根、塊莖、扦插枝(葉)等繁殖體本身攜帶病原線蟲，二、爲遭病原線蟲污染之土壤或栽培介質，三、爲引用帶有病原線蟲之灌溉水。一般罹病原線蟲之花卉或觀賞作物地上部主要病徵爲葉片黃化、微量元素缺乏、小葉、落葉、葉片畸形、花苞腐敗、花苞枯死、直株矮化甚至死亡。若爲害根系者，根部出現腫瘤、腐敗、鬚根狀、根尖停滯生長或壞疽等情形。

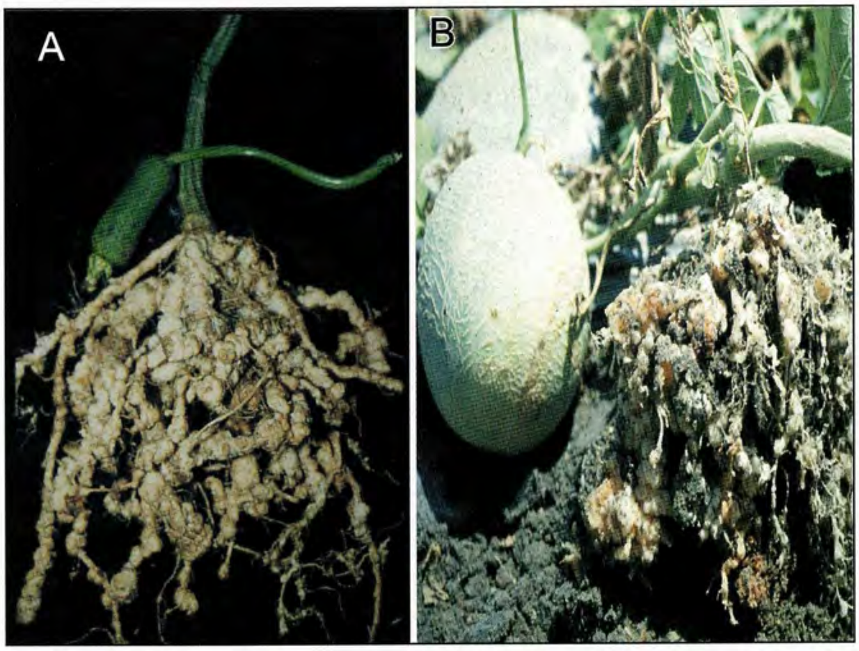
1985年一項全球性的作物線蟲病問卷調查統計結果指出，瓜類因線蟲病所遭受的損失爲13.8 %[45]。本省瓜類作物栽培主要在河床地運作，旱田輪作及蔗田輪作

是根瘤線蟲最易發生的地方（圖一），其罹病率分別爲 60 %、 55 %及 57 %，病原線蟲主要爲南方根瘤線蟲 (*M. incognita*)，爪哇根瘤線蟲 (*M. javanica*) 次之。旱田西瓜園隻根瘤線蟲族群高峰期在 7 月至 9 月間，而 12 月至 1 月較低；蔗田西瓜園之高峰期自 6 月至 10 月，而低族群密度在 1 月至 3 月，河床地西瓜園之根瘤線蟲族群消長曲線最尖，在 7 、 8 兩個月爲高峰， 11 月後族群顯著地降低。田間調查結果顯示，根瘤線蟲和蔓割病菌之複合感染率，以河床地之 16.5 %爲最高，蔗田之 11.5 %次之，旱田之 11 %最低 [2] 。

糧食作物水稻因線蟲白尖病之發生，影響稻作收成之品質甚鉅， Popova 氏 [39] 估計蘇聯感受性稻米品質罹白尖病之減損率爲 54 %，稻種感染率達 80 %，田間減損率爲 31 %。台灣有關此病害之最早調查報告係由洪氏 [4] 於 1959 年指出屏東、高雄、新竹及台北等地稻作發病嚴重（圖二），以嘉農 242 號、台北 13 號、高雄 10 號及高雄 64 號等稻米品種最易感染，其罹病率爲 28 %至 36 %，而減損率高達 30 至 47 %。繼之，陳氏 [5] 報導草屯、潭子兩地稻作研究稻白尖病之發生及病原線蟲形態、生態、生理性質、種子處理等事項；報告中詳列罹病減損率分別爲穗長 19.1 %、支梗數 5.2 %、粒樹 35.8 %、穗重 56.4 與千粒重 63.9 %等。蔡氏等 [17] 1998 年之調查報告，本省栽培最廣的品種台農 67 號是白尖病病原線蟲 *Aphelencliodes besseyi* 感受性品種，水稻發生白尖病可降低水稻株高、單穗重及穀粒數，罹病率於 57 、 34 及 18 %之程度時，減損率分別爲 44.9 、 34.7 及 24.2 %，因此水稻線蟲白尖病漸漸引起產米國家之重視。

根莖薯類作物線蟲病害之發生情形，據蔡氏等 [10] 報導主要病原線蟲爲南方根瘤線蟲 (*Meloidogyne incognita*)(圖三）、爪哇根瘤線蟲 (*M. javanica*) 根腐線蟲 (*Pratylenchus coffeae*) 、腎形線蟲 (*Rotylenchulus reniformis*) 、穿根線蟲 (*Hirschmanniella spp.*) 及葉芽線蟲 (*Aphelenchoides besseyi*)，而以前二者最重要。蘿蔔、胡蘿蔔、牛蒡、綠竹、麻竹、蘆筍及山葵只有根部感染根瘤線蟲，塊根、塊莖或筍部位並未被其寄生。豆薯、黑皮波羅門參、甘藷、山藥、樹薯、馬鈴薯、芋及薑等作物則連塊根、塊莖及薯塊上都受侵害 [20] 。除竹類外，遭線蟲危害植株地上部出現黃化、矮化、缺水及缺微量元素病徵，地下部則有結瘤、根腐及除藏器官表皮突起、凹洞及腐爛等徵狀。與水稻輪作方式有助於降低砂質壤土及黏質壤土馬鈴薯田中根瘤線蟲族群密度；反之，於山坡旱田輪作薑或山藥，根瘤線蟲於作物植後 8 個月每百公克土壤高達 1200 隻以上。

近年來台灣松樹松材線蟲萎凋病之發生與蔓延（圖四），更引起國人之重視 [7] 。由松材線蟲 (*Bursaphelenchus xylophilus*) 所引起的松樹松材線蟲萎凋病，是爲害松屬 (*Pinus spp.*) 樹種相當嚴重的一種病害。台灣地區自 1985 年首度證實松材線



圖一、瓜類作物感染根瘤線蟲造成根系結瘤之病徵 (A) 絲瓜 (B) 洋香瓜
Fig. 1. Disease symptoms of (A) luffa and (B) melons infected by root-knot nematodes.

圖二、葉芽線蟲引起之水稻白尖病病徵
Fig. 2. Disease symptom of rice white tip caused by *Aphlenchoides besseyi*.

圖三、根瘤線蟲感染根莖類作物所造之病徵 (a) 胡蘿蔔根瘤 (b) 薑根瘤 (c) 薑橫切面可見根瘤線蟲之母蟲

Fig. 3. Disease symptom caused by root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) on (A) carrot (B) ginger (C) adult female of *Meloidogyne* sp. in the diseased ginger.

圖四、松材線蟲引起之松樹萎凋病 (A) 病徵 (B) 傳播線蟲之松斑天牛蛀食孔 (C) 松斑天牛之幼蟲

Fig. 4. Pine wilt disease caused by *Burasphelenchus xylophilus* (A) disease symptom (B) feeding pore of *Monochamus altermatus* (C) larve of *Monochamus alternatus*.

蟲之發生，至今受害的林地約超過 10000 公頃，材積損失達 220000m3 。受害的樹種主要爲琉球松 (*P. luchuensis*) 、黑松 (*P. thunbergii*) 和台灣二葉松 (*P. taiwanensis*) 。由於罹病松樹大量死亡，松材線蟲又可藉病死木羽化的松斑天牛 (*Momochamus alternatus*) 爲媒介，故傳播迅速，經過十餘年間，本病已在台灣西部往南擴散到嘉義、台南二縣，東部則至台東太麻里，中橫和南橫公路沿線皆傳出病害的報導，甚至金門和馬祖外島也難逃本病的侵襲。

就本省作物線蟲病害發生之衍因，除氣候高溫多濕，土壤環境及作物種類多外，還有不健康種苗攜帶引進病原線蟲，在適宜土壤條件下，有高感度寄主植物而加速其繁殖與蔓延。因此在擬定線蟲防治之策略，不可忽視斷絕外因（採用健康種苗），選植抗線蟲之品種或砧木，配合消滅或管理降低土壤中病原線蟲之密度，以達到減少線蟲之爲害，茲分述於後：

1. 栽種健康種苗：

本省農友一般於耕地自行育苗，而往往忽略穴盤底部苗株根系感染來自耕地之病蟲線蟲。在設施栽培之花卉及蔬果，不難發現產銷班員聯合購苗，集中馴化，而多數苗株接觸地面之根系已嚴重感染線蟲之情形。解決之道是以塑膠布舖地，隔絕線蟲感染，或採高架育苗方法。球根作物或以側芽繁殖之作物，如球根花卉、山葵、薑、馬鈴薯及山藥等，植前病原線蟲檢疫是降低病害風險之重要事項。球根植前浸泡殺蟲劑之處理以罹南方根瘤線蟲之大岩桐種球爲例，浸泡歐殺滅、滅線蟲及芬滅松一小時後，可降低線蟲感染率 73.6 %、 61.1 %及 68.6 % [11] ，仍未臻完善。

2. 栽植較抗線蟲作物品種或砧木：

栽植抗線蟲作物品種是降低線蟲密度，減少施藥成本及避免殺蟲劑殘毒之虞的最佳方法 [24] 。問題是，抗性品種之產物常不合市場需求；或者其抗性對象侷限於屬內少數種線蟲，而無法在田間應用 [46] 。多年生果樹之線蟲病害以嫁接抗性砧木之新株全面更新或補植可克服。如本省罹柑桔線蟲 (*Tylenchulus semipenetrans*) 及根腐線蟲 (*Pratylenchus coffeae*) 引起衰弱之柑桔園，可用枳殼 (*Poncirus trifoliata*) 及其雜交種取代感病性高且普遍被使用之酸桔及廣東檸檬爲砧木者更能避免線蟲爲害 [6] 。

3. 輪作制度之安排：

輪作制度之安排一直是農業上防治線蟲病害的一種經營模式 [37] 。其作用在抑

制線蟲族群密度至不爲害程度或防止該族群之增加。於針對特定線蟲種類之輪作系統中，感受性作物 (susceptible crop) 需和弱寄主作物 (poor host crop) 、非寄主或抗性作物交互種植，使該線蟲於一段時期中無法寄生繁殖，甚至飢餓死亡。如與花生、棉花及大豆輪作，以降低 *Pratylenchus brachyurus* 和 *P. zeae* 族群密度與其對玉米之爲害 [29] 。引用一些熱帶作物如弗州黎豆 (velvet bean) 、蓖麻 (castor) 、美國節苕 (American jointvetch) 及芝麻 (seasame) 用來輪作以防治根瘤線蟲病害，在美國東南部農地得到良好成果 [44] ； Mc Sorley 等氏 [35] 更加以應用在北佛羅里達州之蔬菜生產上，有效控制根瘤線蟲 (*M. incognita* race 1, *M. arenaria* race 1) 族群密度在最低水平，使茄子等作物產量增加。本省以前許多作物習慣與水稻輪作，對降低普遍分佈於台灣農地之根瘤線蟲有絕對性的效果。這也提供一個本省旱地、山坡地及特作專業區在水稻轉作或連作幾年後根瘤線蟲病害漸趨嚴重之相對佐證。

4.土壤有機質添加：

土壤有機添加物 (soil organic amendments) ，在分解期間有顯著降低土壤中根瘤線蟲密度之效果 [34] 。然而有機添加物種類甚多，未知孰種具有較佳機制，於是開啓了線蟲學家展開 50 年以上研究的序幕。

農作物的殘體及加工後廢料，如稻稈、玉米稈、糠、麩、鋸木屑、甘蔗渣、豆粕、種子粕等常爲土壤添加物外，動物的排泄物及殘骸，如魚精、骨粉、蝦蟹殼及雞、牛、羊、豬之排泄物等亦是。此外，糖蜜、黃豆粉，海草粉，菇床廢料、廢棉等。土壤有機添加物之施用可提昇土壤中氮、磷、鉀三要素含量、土壤中金屬離子交換、土壤顆粒的選擇、土壤透氣性及保水、排水力改良。由於栽作土壤環境較理想，較健康植株相對的比弱勢植株對線蟲的危害更有耐病性 (tolerance) 。

Sayre 氏 [48] 認爲施用有機添加物後之所以能防治植物寄生性線蟲，其機制爲⑴有機添加物之分解物對線蟲有直接毒性；⑵可增加線蟲天敵的的種類和數量；⑶改變植物和線蟲的關係；⑷有機添加物在分解的過程中產生有燻殺作用的氣體；⑸有機添加物在分解時產生熱度，傷害線蟲。有機添加物中有些具有線蟲毒化物，並於土壤中釋放出殺線蟲物質 (nematicidal principle) ，可直接降低線蟲密度。Neem 種子所含 limonoids 已被定爲天然殺線蟲劑 azadirachtin 。經測試 limonoids 可致根瘤線蟲 (*Meloidogyne incognita*) 二齡幼蟲死亡，並抑制其卵之孵化 [25] 。且已明瞭其殺線蟲物質存在於脫脂部份。孔雀草 (marigold) 含有毒質 polythienyls ，可以殺死線蟲 [52,53] 。本省農友常用作爲有機添加物的蓖麻粕 (castor pomace) 中亦含有蓖麻毒素 (ricin) ，可降低南方根瘤線蟲行動能力 [42] 。

此外，有機添加物於土壤中的分解物對線蟲有害氣體，如 ammonia ， nitrites ， hydrogen sulphide ，多種揮發物質及有機酸，能直接殺死線蟲或間接的妨礙線蟲卵孵化及降低線蟲二齡幼蟲之移動性 (36) 。土壤添加物中含有高量酚化物，加入土中則會改變根對根瘤線蟲的吸引力 (49) 。例如，將番茄苗植於加有 neem 油粕的土壤中，再移植於根瘤線蟲的土壤中，則線蟲的侵害率相對的較爲處理者低。

以色列 Spiegel(50) 等氏，更成功的以蝦蟹殼作爲有機添加質材防治番茄根瘤線蟲 (*Meloidogyne incognita*) 、小麥包囊線蟲 (*Heterodera avenae*) 及柑桔線蟲 (*Tylenchlus semipenetrans*) ；其機制乃幾丁植分解性放線菌 (Chitinolytic Actiomycetes) 數目大增，降低線蟲卵之孵化，從而減輕線蟲之危害。爾來， Westerdahl 等 (45) 以幾丁質加入尿素作爲土壤有幾添加材料，有效防治胡桃根腐線蟲 (*Pratylenchus vulnus*) 及馬鈴薯根瘤線蟲 (*M. chitwoodi*) 等。蔡氏等 (9) 應用幾丁質添加物可降低土壤南方根瘤線蟲密度，對晚香玉根瘤線蟲病害有防治效果。

5. 生物防治：

許多生物學者對特定病蟲害天敵之生態及繁殖研究不遺餘力，但是在田間應用時常忽略了提供天敵良好生環境，效果大打折扣。有機添加物之混合物即在供給天敵微生物養料，作爲生物防治之基礎條件。

線蟲天敵於自然界之中廣泛存，如 Virvs 、 Bacteria 、 Rickettsea 、 Furbellarians 、 Nematodes 、 Eechytraeids 、 Mites 、 Collembola 、 Insects 等。在全世界五百多篇線蟲生物防治報告之中，以眞菌爲材料者佔 76% 、其次爲獵食性線蟲佔 7% ，細菌和放射線菌佔 5 %左右，餘者 3 %以下；拮抗微生物對線蟲取食或寄生的對象不外卵、幼蟲、雌雄成蟲及胞囊 (33) 。其在線蟲生物防治上之應用型態，又分爲人海戰術 (inundation) 、引進 (introduction) 及天然 (nature) 防治三者。「人海戰術」、及「引進」兩種方式皆大量生物材料，並得時常塡加，且顧及所使用生物材料之生存能力，因此以使用溫室或移植作物時，作爲保護性質爲目的者居多。「天然」防治所施用材料配合適當添加物之使用，當可有利於多年生及連作性作物線蟲病害之克服。

以放射線菌作爲線蟲生物防治材料的研究，以絕對寄生菌 *Pasteuria penetrans* (Thorne) Sayre&Starr 爲多。此菌可藉孢子感染根瘤線蟲之二齡幼蟲皮而後產生發芽管侵入線蟲體，內致其死亡，達到低線蟲密度之目的 (51) 。作物線蟲病生物防治劑較成功而被商品化如卵寄生菌 *Paceilomyecs lolacinus*, 以椰子碎片作爲商品配方基質曾在 60 多個國家試驗過，然效果好壞不一 (28) 。以 *Arthrobotrys irregularis* 製成的 R350 線蟲防治劑，對根瘤線蟲有田間防治效果 (27) 。 Royal 300 則使

用於洋菇栽培上防治洋菇線蟲 *Ditylenchus myceliophagus* [44] 。

6. 太陽能土壤消毒：

自 1930 年於夏威夷以透明塑膠布覆蓋方式利用太陽能 (Solarization) 防治鳳梨線蟲 *Heterodera radicola* (Greef) Muller 以來 [26], 已廣泛應於土壤加熱消用途。幾乎所有植物寄生性線蟲可於 44 至 48 °C 溫度下被殺 [22,23] ，而即使在美國佛羅里達西北部 (30.0n.,84.4w) ， 1992 年之六至七月間，透明塑膠布覆蓋下 5 ， 15 及 25 公分深之土壤，亦分別達到 49.5 、 46 及 40.5 °C之溫度；對番茄青枯病 (Bacterial wilt) 及 *Meloidogyne spp.* 、 *Paratrichodorus minor* 、 *Helicotylenchus spp.* 、 *Rotylenchulus reniformis* 及 *Criconemella spp.* 等線蟲具有良好防治效果 [22] 。於 1993 年七至九月之田間試驗於同樣土壤深度下，分別測得最高地溫為 60.5 、 53 及 43.5 °C。多年來，全世界有關此太陽能消毒土壤之試驗結果指出成功的鍵主要是充裕之日照及高溫地域條件 [30] ；地處亞熱帶之台灣自當多加利用。筆者等研究結果顯示以尿素作土壤植前處在盆缽試效果其佳，可降低根瘤指數 32.5 及 50 %；如以透明塑膠布覆蓋，在 1.0 %及 0.1% 施用下，分別於第三及六星期時，即無法檢出根瘤線蟲；即使在不覆蓋情形下，其殺線蟲效果亦比僅覆蓋塑膠布之太陽能處理方式為高。田間試驗結果亦證明施用尿素並覆蓋塑膠布一星期，土壤中根瘤線蟲密度即明顯下降，於第五星期時已接近於零，和殺線蟲劑 phenamiphos 之處理效果相去不遠 [11] 。覆蓋透明塑膠布之所以有提高土壤溫度之作用，源自於溫室效應 (greenhouse effect)[31] ；於土壤中拌加尿素，使產之氨氣有更長時間充留於土壤空隙中，加強除滅線蟲作用。杜氏等 [3] 以覆蓋透明塑膠布方式防治番茄白絹病，發現若於土壤中添加苜蓿、太陽麻或王米莖等有機綠肥者，較未添者為愈；其作用丁能和植物莖葉在土中分解時產生氨氣及 butyric acid 對眞菌、細菌或線蟲之致毒性攸關 [38] 。以太陽能配合尿素施用一個月即可大幅低土壤中植物病原線蟲密度；較其他土壤蒸劑使用費用低，其至可取燻蒸性農藥克服植物病原線蟲連作障害。

7. 化學葯劑防治

施用化學葯劑防治作物線虫病害，旨在殺死 (kill) 土壤中病原線蟲於短期間內達到降低病原線蟲族群密度至顯著程度，但難免也殺滅其他有益微生物，破壞土壤中之平衡。目前，本省除了禁止使用的 ethylene dibromide (EDB) 、 1,2-dibromo-3-chloropropane (DBCP) 及 aldicarb 之外，尚有 7 種燻蒸劑和 1 種有機物質作為農用線蟲病害防治資材。劑型則有粒劑、乳劑、粉劑、懸浮劑、可濕性粉劑以及液劑等。燻蒸劑中之 D-D 、 1,3-D 、 EDB 及 DBPC 為純殺線蟲劑 (true nematicide) ；

methyl bromide(MBR) 、 chloropicrin(CPI) 及 methyl isothiocyanate(MIT) 爲廣用燻蒸劑 (multipurpose fumigant). 非燻蒸劑主要分有機磷劑 (organophosphate) 、氨基甲酸鹽 (carbamate) 、醚類 (ehyl) 及有機質 (organic material) 等。作用功能爲觸殺性 (contact action) 的僅有普伏松 (ethoprop) 及滅線蟲 (nemamort) 兩種，適合短期作和全年採收性作物使用；其餘化學藥劑爲系統性 (systemic action) 。而以有機質登記之蝦蟹殼粉 (chitin-protein) ，爲美國 IGIN 公司出品之 Clandosan 618 ，具生物防治功能。由於燻蒸劑花費高 (dazomet 及 MBR 每甲地八萬元新台幣藥劑費) ，且需支付塑膠布及覆蓋費用，使用率較低。本省農友較偏愛植後施用系統性殺線蟲劑；一者施用方便，二者兼具殺蟲、殺菌作用，唯如施藥時機不當則有殘毒之虞。其實，農林廳植物保護手册推薦之殺線蟲劑施用方式，一年生作物如西瓜蕃茄、薑、菸草、鳳梨等植前穴施或條施；多年生果樹如柑桔及葡萄則於萌芽期環施或條施處理；爲兼顧實際安全考量之作法。

結論與討論

根據筆者十餘來調查本省蔬菜 [13] 、花卉 [9] 、果樹、根莖薯類特用作物 [10] 重要線蟲病害及其農地雜草主要寄生性線蟲種類繁多，尤其是根瘤和根腐線蟲兩種最爲重要。在蔬菜專業區內全年接性的栽培之瓜類、豆類、茄科和十字花科等作物，對寄主達二千多種根瘤線蟲而言，不啻常年提供其繁衍之環境。鄉鎮地域性特色作物，如草莓、花卉、薑、大蒜等；其病原線蟲更因種苗流通及灌溉水攜帶加速傳播，造成連作障害。本省多年生果樹線蟲病連作障害在衰弱植株補植或整地重植時表現最明顯。

花卉線虫問題其防治工作首在預防，即種苗或其他植物繁殖體植前健康篩選；並嚴格做好土壤消毒，尤其是連作區域或設施園藝土壤及栽培介質。植前或植後施用殺線蟲劑或生物防治添加物亦有助於克服線虫病害問題，提高作物品質。球根花卉線虫在本省栽培之 15 科 26 種球花卉之發生主要病原線蟲爲南方根瘤線蟲 (*Meloidogyne incognita*) (圖五) 及南方根腐線蟲 (*Pratylenchus coffeae*) 。葉芽線蟲 (*Aphelenchoides besseyi*) 危害小蒼蘭引起之心葉萎縮和畸形病變則爲首報。土壤植前混拌處理對晚香玉南方根瘤線蟲及南方根腐線蟲之效果，依序爲施用芬滅松、幾丁質添加物、尿素及烏肥者。田間每公頃施用 500 公斤尿素，並覆蓋相同塑膠布一個月後土壤中根瘤線蟲密度幾近於零，效果和施用芬滅松者相近，可供防治上之參考。罹南方根瘤線蟲之大岩桐種球於浸泡歐殺滅、滅線蟲及芬滅松一小時後，可降低線虫感染率 73.6 、 61.1 及 68.6 %，但未達檢疫防疫處理標準 [9] 。

圖五、花卉作物感染根瘤線蟲造成根系膨大之病徵 (A) 晚香玉 (B) 天堂鳥 (C) 火鶴花

Fig. 5. Disease symptom of flowers infected by root-knot nematodes. (A) *Polianthes tuberosa* (B) *Strelitzia reginae* (C) *Anthurium sp.*

松樹松材線蟲萎凋病的防治策略主要是在感染源罹病植株的剷除、防止病害傳播和增強松樹的抗病性。感染源的剷除措施是將病死木伐倒，並以化學或物理方法將松材線蟲或松斑天牛予以殺死，其方法包括：葯劑散佈、燻蒸、燒卻、破碎和剝皮等措施；防止病害傳播的方法則有空中葯劑散佈、地上葯劑散佈、樹幹注射、土壤處理、生物防治、忌避物質和誘殺松斑天牛等措施；至於增強松樹的抗病性，宜以抗病選種優先。此外，立法限制被害木的搬遷，加強檢疫制度，增加林木的保育管理、開發松木的利用價值和推廣解教育，都有助於松樹松材線蟲萎凋病的防治工作。

綜觀作物病原線蟲之防治，應兼顧經濟及環保利益並達到降低病原線虫族群密度至危害程度之下的病蟲害防治，即所謂之病蟲害綜合管理 (Integrated Best Managment ； IPM) [21] 。IPM 在作物線蟲病害上作爲，尤其是針對連作障害之對策有㈠排拒 (exclusion or avoidance) ，㈡消滅 (eradication or containment) ，㈢族群密度控制 (population density manipulation) 及㈣放任 (no action) 等四方向。其方式即將有試驗資料可循之化學、物理、生物、栽培及種質部署 (germ-plasm developyment) 等防治策略依個案之全方位考量適用。 Sasser 等 [47] 以非寄

主輪作、栽植抗線蟲品系配合蟲施用，成功的將大豆包囊線蟲族群密度降至危害度之下。在特定區域下生物防治成果，雖能在人為控制下降低線蟲族群密度 50 至 80 %[32]，但如能配合其他方法，可望使其效果延長及提高。休閒、拮抗覆蓋作物、非寄主作物輪作及殺線蟲劑等防治方法綜合使用證實對控制線蟲病害及提昇產量頗有助益[41]。對多年生作物線蟲病之連作障害克服，以 IPM 之防治方式，須對主要病原線蟲之族群季節消長，植物生育環及根系生長情形預作統計模式，再決定防治方法及時機[43]。例如針對柑桔穿孔線蟲 (*Radopholus citrophilus*) 感染園之處理：為將植株挖除，土壤以ＤＤ、ＥＤＢ或 1,3-D 消毒，全園休閒 6 個月，重植苗株則嫁接抗線蟲砧木[40]，可達除滅效果。

Kahn[30] 統計全世界 125 個國家 10 種最具經濟重要性植物病原線蟲：黃金線蟲 (*Globodera rostochiensis*)、莖線蟲 (*Ditylenchus dipsaci*)、甜菜包囊線蟲 (*Heterodera sachachtii*)、稻莖線蟲 (*Ditylenchus angustus*)、草莓葉芽線蟲 (*Aphelenchoides fragariae*)、馬鈴薯腐敗線蟲 (*Ditylenchus destructor*)、穿孔線蟲 (*Radopholus similis*)、爪哇根瘤線蟲 (*Meloidogyne javanica*)、菊花葉芽線蟲 (*Aphelenchoides ritzemabosi*) 及葉芽線蟲 (*Aphelenchoides besseyi*)，其中寄生於根部的，多為連作障害之關鍵病原線蟲；所幸尚少存在於本省，端賴檢疫單位之努力杜絕其引進，以減少農作之損失。

引用文獻

1. 王國強、楊瓊儒、蔡安娜。 1977 。台灣 *Melodiogyne hapla* 根瘤線蟲之初次發現 . 植保會刊 19(4) ： 311 。

2. 杜金池、程永雄、王貴美、蔡東纂。 1990 。台灣地區西瓜根瘤線蟲之發生及防治。中華農業研究 39(4) ： 325-338 。

3. 杜金池、程永雄、黃山氏 1991 。應用太陽能及有機綠肥對蕃茄白絹病之防治效果。植保會刊 33 ： 95-102 。

4. 洪元平。 1959 。台灣稻米白尖病。植保會刊 1(4) ： 104-109 。

5. 陳脈紀。 1961 。水稻線蟲心枯病之研究。中興大學農林學報 9,10 ： 103-116 。

6. 張喜寧。 1980 。抗根腐線蟲及柑桔線蟲柑桔根砧之選拔與測試。中國園藝 26 ： 71-77 。

7. 張瑞璋。 2000 。台灣松樹松材線蟲萎凋病的發生、流行及防治。植物疫情與策略 87-99 。

8. 黃炤雄、蔡雲鵬、林奕耀、杜金池、黃修斌。 1972 。台灣植物寄生性線蟲。中

研院植研所專刊第一號。
9. 蔡東纂、程永雄。 1994 。台灣花卉線蟲問題。台灣花卉病蟲害研討會專刊 pp.225-241 。
10. 蔡東纂、程永雄、林奕耀、陳昭豐。 1994 。台灣根莖薯類作物線蟲病害之發生。植病會刊 36 ： 225-238 。
11. 蔡東纂、程永雄、陳弘毅、林奕耀、吳文希。 1995 。球根花卉線蟲病害之發生及防治。植病會刊 4 ： 180-192 。
12. 蔡東纂、林奕耀。 1985 。台灣葡萄根瘤線蟲之發生及其傳播。中國園藝 31(2) ： 94-104 。
13. 蔡東纂。 1989 。線蟲與作物根系保全。植物線蟲病害防治研討會專集 pp.71-92 。
14. 蔡東纂。 1995 。植物病原線蟲檢疫。植病會刊 4 ： 43-59 。
15. 蔡東纂。 1996 。台灣作物線蟲連坐障害之發生及對策。植病會刊 5(3) ： 113-128 。
16. 蔡東纂、吳文希、林奕耀、程永雄。 1997 。台灣柑桔線蟲之發生及其生物型種內變異。植病會刊 6 ： 111-122 。
17. 蔡東纂、程永雄、鄧堯銓、李明達、吳文希、林奕耀。 1998 。台灣水稻病原線蟲-*Aphenlenchoides besseyi* 之生態及防治策略。植保會刊 40 ： 277-286 。
18. 程永雄、杜金池。 1980 。台灣落花生根腐線蟲 *Meloidogyne arenaria* 之鑑定。中華農業研究 47-53 。
19. 澤田兼吉。 1913 。柑桔立枯病（預報）。台灣農事報 7(10) ： 903-914 。
20. Adesiyan, S. O., Odihirin, R. A., and Adenjii, M. O. 1975b. Economic loss-escaused by the yam nematode, *Scutellonema bradys*, In: Nigeria. Pl. Dis. Rept. 59 ： 477-480.
21. Bird, G. W. 1981. Integrated nematode management for plant protection. pp. 355-375. In: B. M. Zuckman and R. A. Rohde, eds. Plant parasitic nematodes. vol. 3. New York, Academic Press.
22. Chellemi, D. O., Olson, S. M., Scott, J. W., Mitchell, D. J., and McSorley, R. 1993. Reduction of phytoparasitic nematodes on tomato by soil solarization and genotype. Suppl. J. Nematol. 25:800-805 。
23. Christie, J. R. 1959. Plant Nematodes, their Bionomics and Control. Jacksonville, FL. The H & WB Drew Co. 362pp.
24. Cook, R., and Evans, K. 1987. Resistance and tolerance. In: Principle and

Practice of Nematode Control in Crops, eds. R. H. Brown, B. R. Kerry, pp.179-231. Sydney. Academic, 477pp.

25. Devakumar, C., Goswami, D. K., and Mukerjee, S. K. 1985. Nematicidal principlesfrom neem (*Azadirachta indica* A. Juss). Part I. Screening of neem kernel fractions against *Meloidogyne incognita*. Indian J. of Nematology 15: 121-124.

26. Hagan, H. R. 1993. Hawaii pineapple field soil temperatures in relation to the nematode *Heterodera radicola* (Greef) Muller. Soil Sci. 36:83-95.

27. Jatala, P. 1985. Biological control of nematodes. In: An Advanced Treatise on Meloidogyne Vol. I: Bioligy and Control(J. N. Sasser and C. C. Carter, eds) , pp.303-308. Dept. plant pathology, North Carolina state Univ. Raleigh.

28. Jatala, P. 1986. Biological control of plant parasitic nematodes. Ann. Rev. Phytopathol. 24:453-489.

29. Johnson, A. W.., Dowler, C. C., and Hauser, E. W. 1975. Crop rotation andherbicide effects on population densities of plant parasitic nematodes. J. Nematol. 7:158-168.

30. Kahn, R. P. 1982. The host was a vector: exclusion as a control. In: Pathogens, Vectors, and Plant Diseases: Approaches to Control C. K. F. Hairis and K. Maramorosch, eds.) , pp. 123-149. Academic Press, London.

31. Katan, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Ann. Rev. Phytopathol. 19:211-236

32. Kerry, B. R. 1990. An assessment of progress toward microbial control of plant-parasitic nematodes. Supl. J. Nematol. 22:621-631.

33. Kerry, B. R. 1987. Biological control. In: Pronciples and Practice of Nematode Control in Crops. Brown, R. H. and Kerry, B. R. eds., pp.233-263. Academic Press. London.

34. Linford, M. B. 1937. Stimulated activity of natural enemies of nematodes. Science 85:123-124.

35. Mc Sorley, R., and Dickson, D. W., J. A. de Brito, and Hochmuth, R. C. 1994. Tropical Rotation Crops Influence Nematode Densities and Vegetable Yields. J. Nematol. 26:308-314.

36. Main, I. H., and Rodriguez-Kabana, R. 1982b. Survey of the nematicidal properties of some organic materials available in Alabama as amendments to

soil for control of *Meloidogne arenaria*. Nematropica 12:235-246.

37. Nusbaum, C. J., and Ferris, H. 1973. The role of cropping systems in nematode population management. Ann. Rew. Phytopathol. 11:423-440.

38. Patrick, Z. A., Syre, R. M., and Thorpe, H. J. 1965. Nematocidal substances selective for plant parasitic nematodes in extracts of decomposing rye. Phytopathology 55:702-704.

39. Popova, M. B. 1984. Principal factors determining the intensity and pathogenicity of *Aphelenchoides besseyi* infestation rice. Byulleten' Vsesoyuznogo Instituta Gel'mintologii im. K. I. Skryabina, No.36:39-41.

40. Poucher, C., Ford, W. F., and Ducharme, E. P. 1967. Burrowing nematode in citrus. Florida Dept. of Agr. Dir. Plant Industry Bull. No.7. 63pp.

41. Rhodes, H. L. 1984. Effects of fallowing, summer cover crops, and fanamiphos on nematode populations and yield in a cabbage-field corn rotation in Florida. Nematropica 14:131-138.

42. Rich, J. R., Rahi, G. S., Opperman, C. H., and Davis, E. L. 1989. Influence of the castor bean (*Ricinus communis*) letin (Ricin)on motility of *Meloidogyne incognita*. Nematropica 19:99-103.

43. Roberts, P. A. 1993.The Future of Nematology: Integration of New and Improved Management Strategies. J. Nematol. 25:383-394.

44. Rocriguez-Kabana. R., Robertson, D. G., Wells, L., King, P. S., and Weaver, C. F. 1989. Crops uncommon to Alabama for the management of *Meloidogyne arenaria* in peanut. Supl. J. Nematol. 21:712-716.

45. Sasser, J. N., and Freckman, D. W. 1987. A world perspective on Nematology: The role of the society. pp.7-14. In: Vistas on Nematology. Veech, J.A. and D. W. Dickson, eds. Society of Nematologists INC., Hyattsville, Maryland, U.S.A.

46. Sasser, J. N., and Kirby, M. F. 1979 Crop cultivars resistant to root-knot nematodes Meliodogyne species. A cooperative publication of the Department of Plant Pathology, North Carolina State University and the United States Agency for International Development. Raleigh, North Carolina, 24pp.

47. Sasser, J. N., and Uzzill, G. 1991. Control of the soybean cyst nematode by crop rotation in combination with nematicide. J. Nematol. 23:344-347.

48. Sayre, R. M. 1971. Biologic influence in soil environment. In: B. M. Zucker-

man et al., eds. ,Plant Parasitic Nematodes. I. Morpology, Anatomy, Taxonomy and Ecology. Acad. Press, New York and London, pp.235-256.

49. Singy, S. P., Pant, V., Khan, A. M., and Saxena, S. K. 1983a. Attractiveness *Meloidogyne incognita* larvae to roots of tomato and changes in biochemical content of plants as affected by oilcakes and nematicides. Nematologia 11:115-118.

50. Spiegel, Y., Cohn, E., and Chet, I. 1989. Use of chitin for controlling *Heterodera avenae* and *Tylenchulus semipenetrans*. J. Nematol. 21:419-422.

51. Stirling G. R. 1991. Biological Control of P.ant Parasitic Nematodes. Progress, Problems and Prospects. C. A. B. Internation. 282pp.

52. Stirling G. R. 1984. Biological control of *Meloidogyne javanica* with *Bacillus penetrans*. Phytopathology 74:55-60.

53. Van Gungy, S. D., and Meagher, J. W. 1977. Citrus nematode (*Tylenchulus semipenetrans*) problems worldwide. Proc. Int. Soc. Citricult. 3:823-826.

Abstract

Cheng, Y. H., Tsay, T. T., Chung, M. F., and Ni, H. F. 2003. Occurrence and integrated pest management of plant parasitic nematodes in Taiwan. p.151-167. *in:* Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan.

There are 31 genera and 41 species of plant-parasitic nematodes recognized in Taiwan, among them, root-knot nematode (*Meloidogyne incognita, M. javanica, M. arenaria, M. hapla*), root-lesion nematode (*Pratylenchus coffeae*) and citrus nematode (*Tylenchulus semipenetrans*) were the major found in continuously cropping problem due to phytonematodes. Management of plant parasitic nematodes problem in this report rely on specific basic strategies to kill and decrease the inoculum density of pathogen, including using healthy seedling / resistant stock, non-host rotation, adding organic amendments, biological control, urea treated with solarization and/or chemical control.

蘇鐵白輪盾介殼蟲之發生生態及防治

邱一中[1] 吳文哲[1] 賴博永[2] 施錫彬[3] 石正人[1,4]
[1]台北市 國立台灣大學昆蟲學系
[2]屏東縣內埔鄉 國立屏東科技大學熱帶農業暨國際合作研究所
[3]桃園縣新屋鄉 行政院農業委員會桃園區農業改良場
[4]通訊作者

摘 要

蘇鐵是國內重要的園藝觀賞作物，近年來受到新侵入害蟲蘇鐵白輪盾介殼蟲(*Aulacaspis yasumatsui* Takagi, 1977) 的嚴重危害，造成公園、學校、機關、栽培園的蘇鐵大量死亡。蘇鐵白輪盾介殼蟲繁殖力強，爲害範圍遍及全株，尤其可深入植株莖部鱗片深處及地下的根部棲息，防治極爲困難。加上本蟲在台灣出現的時間很短，基礎生物與生態學研究資料相當缺乏，使得相關單位對該蟲的爲害一籌莫展。本文以該蟲的入侵分散、診斷鑑定、生活史及族群動態調查、殺蟲藥劑篩選、本土天敵調查、輻射檢疫處理、緊急防治處理及杜絕該蟲蔓延保護區的標準操作程序等項目進行研究，期能有助於進行蘇鐵白輪盾介殼蟲的綜合防治。

關鍵詞：蘇鐵、蘇鐵白輪盾介殼蟲、鑑定、族群動態、緊急防治

前 言

蘇鐵 (Cycads) 為常見的景觀植物，經濟價值相當高。台灣常見的蘇鐵有 6 種，其中大量栽培的種類為琉球蘇鐵 (*Cycas revoluta*)。台東蘇鐵 (*Cycas taitungensis*)，原名台灣蘇鐵，則為台灣本土珍貴稀有的植物 [23]。根據文獻記載及近年的調查，為害蘇鐵的昆蟲中，最重要的是東陞蘇鐵小灰蝶 (*Chilades pandava peripatria*)，其幼蟲專食剛發出的新芽及嫩葉，不但嚴重影響蘇鐵的生長，植株觀賞的價值亦大受影響 [4, 5, 8]；其他已記錄的害蟲如下 [4, 5, 7, 8]：黃毒蛾 (*Euproctis* sp.)[4]、黃吹綿介殼蟲 (*Icerya seychellarum*)、白蠟介殼蟲 (*Ceroplastes floridensis*)、長堅介殼蟲 (*Coccus longulus*)、咖啡硬介殼蟲 (*Saissetia coffeae*)、淡薄圓盾介殼蟲 (*Aspidiotus destructor*)、褐圓盾介殼蟲 (*Chrysomphalus aonidum*)、擬褐圓盾介殼蟲 (*Chrysomphalus bifasciculatus*)、橙褐圓盾介殼蟲 (*Chrysomphalus dictyospermi*)、楠頁牡蠣盾介殼蟲 (*Eucornuaspis pinnaeformis*)、椰子櫛圓盾介殼蟲 (*Hemiberlesia lataniae*)、蘇鐵牡蠣盾介殼蟲 (*Lepidosaphes cycadicola*)、黃片盾介殼蟲 (*Parlatoria proteus*)、木瓜腎圓盾介殼蟲 (*Aonidiella inornata*)[7, 8]。

自 2000 年 4 、 5 月起，台北及桃園的蘇鐵，遭受介殼蟲危害，嚴重者整株滿佈蟲體所分泌之白色介殼，受害蘇鐵逐漸萎凋甚至枯死，為近年來蘇鐵最重要的害蟲。以臺北市為例，市區內的公園、道路、綠地內栽植之蘇鐵，至少八成以上均受害，情形相當嚴重。受害株呈現頂上無葉，外觀變醜，失去觀賞價值。本介殼蟲經外部形態及分生技術的鑑定，確定為蘇鐵白輪盾介殼蟲 (*Aulacaspis yasumatsui* Takagi)，並初步認定為是新入侵台灣的新紀錄種 [2]。

蘇鐵白輪盾介殼蟲於 1972 年首次在泰國的蘇鐵上被發現 [25]，但該介殼蟲對當地的蘇鐵並未造成嚴重危害，因為當地介殼蟲族群受到天敵的控制，長期都維持於低密度之下 [26]。1996 年，美國佛羅里達州南部遭到該介殼蟲入侵，在沒有天敵的控制及有效化學藥劑的防治下，威脅美國佛州苗圃栽種的蘇鐵及植物園中的珍稀蘇鐵目 (Cycadales) 植物；受害嚴重時，寄主植物滿佈蟲體所分泌之白色介殼，彷彿一層雪花覆蓋其上，極為醒目，許多蘇鐵受感染一年後即枯死 [21](圖一)。美國的植物防疫專家調查結果，推測該介殼蟲可能是由亞洲進口的蘇鐵苗木所帶入。而且在發現侵入後兩年之內，在距侵入地北方 55 公里遠的地區和東方 120 公里處之地區，亦已發現為害。如此迅速之擴散過程，極可能是藉由人為苗木運輸造成 [21]。

蘇鐵白輪盾介殼蟲繁殖能力強，危害範圍遍及全株，尤其可深入植株基部，莖部鱗片深處，並且對藥劑的容忍力強，環境不好時，甚至可呈現休眠狀態。此外，蘇鐵植株可隱匿躲藏的地方很多，防治極爲不易，使得防治工作很難有效的展開。再加上本蟲的基礎生物與生態學研究資料相當缺乏，使得該蟲一發不可收拾。自 2000 年台北市傳出災情後，北、中、南、及東部各縣市也陸續傳出嚴重危害，短短的三年期間，已快速擴散達三百公里以上。

從害蟲綜合防治觀點來看，爲降低本蟲危害，避免擴大蔓延，需先進行該蟲在台灣地區之發生與危害現況調查。欲掌握本害蟲防治時機，及時提醒全國各地園藝工作者及民衆注意防範，則需建立蘇鐵白輪盾介殼蟲之基本生物學資料。因此自蘇鐵白輪盾介殼蟲侵入台灣後，首先即開始進行形態鑑定及分子診斷資料的建立、開發檢疫處理技術以提供進出口物品的檢疫措施。其次，進行基礎生物及生態學的研究，以及有效殺蟲藥劑的篩選，找尋適合的防治藥劑，作爲日後綜合防治的依據。此外，本研究並收集國內外天敵資料，探討利用生物防治的可行性。最後，結合蘇鐵的生長栽培、害蟲的基礎生物學及發生生態監測、化學藥劑的篩選等，進行蘇鐵白輪盾介殼蟲綜合管理系統的建立，進而推廣應用於蘇鐵的栽培管理上。

一、建構蘇鐵白輪盾介殼蟲的形態及分子資料庫

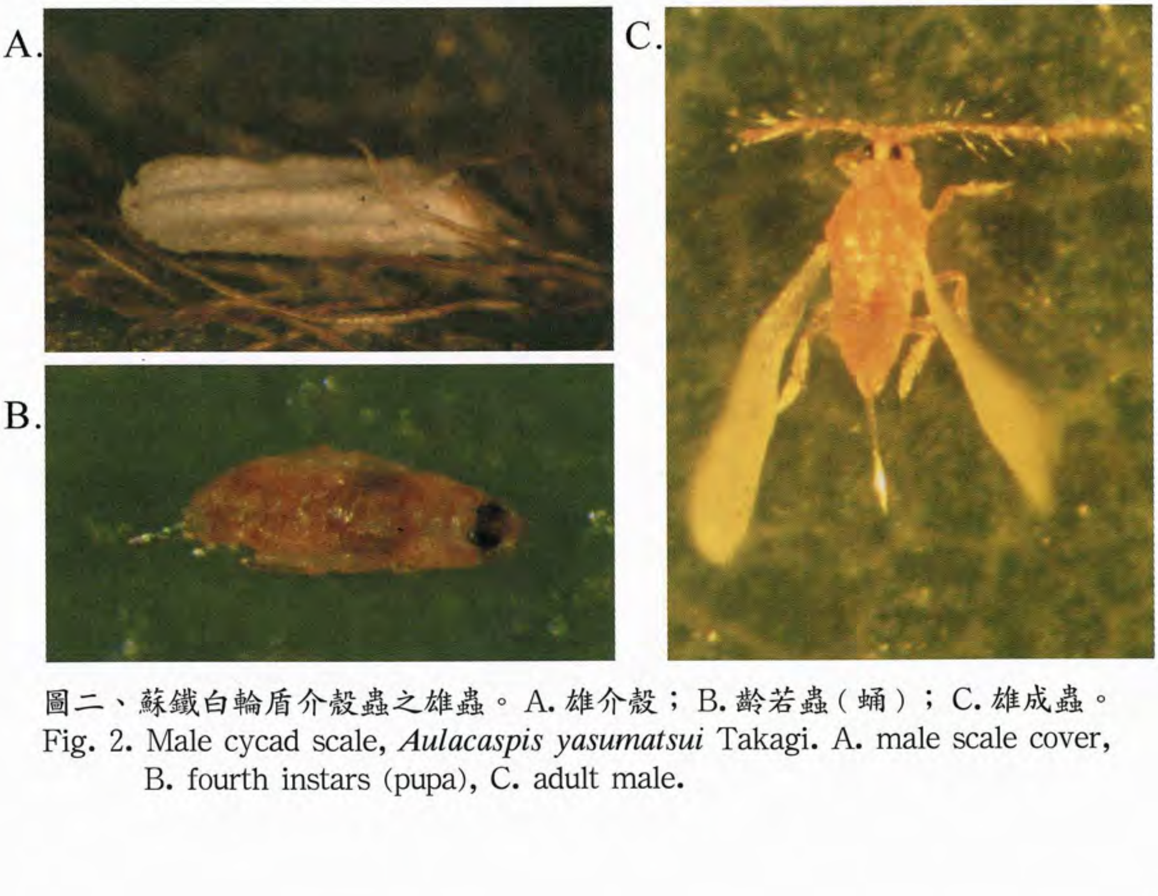
㈠形態特徵及世界分佈情形

蘇鐵白輪盾介殼蟲的世界分佈情形，依目前的調查報告，僅零星的侷限在 8 國家區域中，分別爲東南亞的泰國 [25] 、香港 [10, 20] 和新加坡 [19] ，美國的佛羅里達州 [21] 和夏威夷群島 [18] ，以及中美洲加勒比海區域的開曼群島 [20] 、美屬維京群島 [20] 和波多黎各 [17] 等地區。

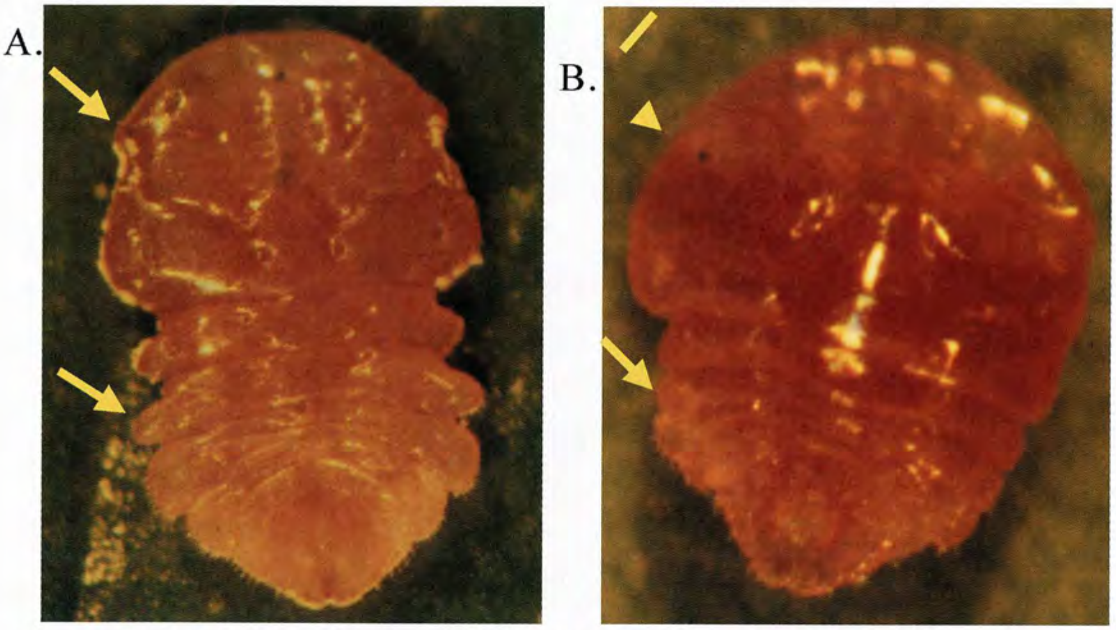
白輪盾介殼蟲屬昆蟲之雌、雄蟲外形完全不同。雄成蟲，體呈橘色，口器退化，具有發達的觸角及複眼，後翅退化爲假平均棍，飛行能力差，腹部末端具有長形交尾器。雄若蟲的介殼，爲長形具有三條縱脊的柔軟介殼 [6, 14} (圖二) 。白輪盾介殼蟲屬昆蟲在種級的分類上，主要以雌成蟲的外部形態作爲分類的依據。

蘇鐵白輪盾介殼蟲在 2000 年入侵台灣後，我們即針對該介殼蟲進行形態的鑑定及分子診斷技術的開發。在外部形態上，該介殼蟲之雌成蟲，與同屬介殼蟲最主要的區分特徵有二：一是成熟個體之前體兩側圓滑並無向外突起，以及前三腹節漸次縮窄，並未具有向外特別突出的葉狀部 [25](圖三) ；二是亞中區 (submedian) 和亞緣區腺管 (submarginal macroducts) 、腺刺 (gland spines) 以及氣孔區 (spiracular) 和圍陰區的盤狀腺孔 (perivulvar disc pores) 較少。該蟲各時期主要特徵如下：

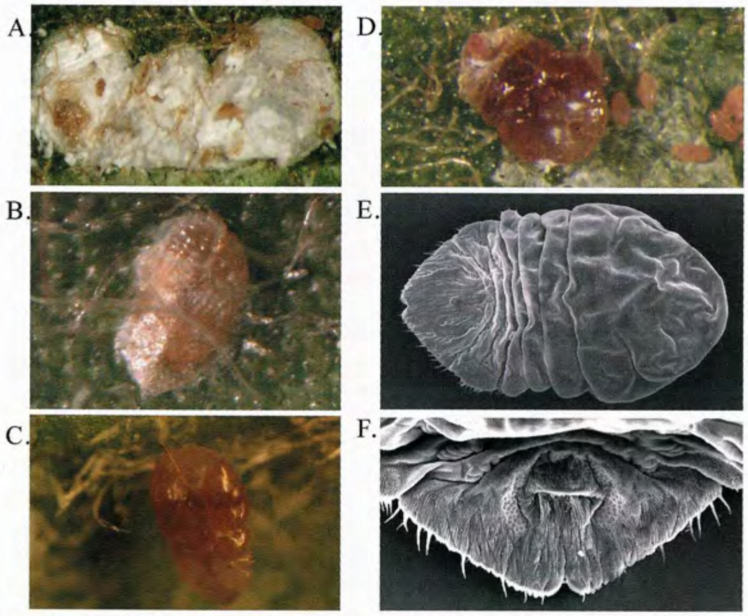
圖一、被蘇鐵白輪盾介殼蟲感染的蘇鐵葉片出現雪白病徵
Fig. 1. Whitewashed appearance of cycad leaf caused by *Aulacaspis yasumatsui*.



圖二、蘇鐵白輪盾介殼蟲之雄蟲。A. 雄介殼；B. 齡若蟲（蛹）；C. 雄成蟲。
Fig. 2. Male cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi. A. male scale cover, B. fourth instars (pupa), C. adult male.



圖三、A. 月橘白輪盾介殼蟲和 B. 蘇鐵白輪盾介殼蟲之比較
Fig. 3. Comparison of. *Aulacaspis murrayae* (A), and *A. yasumatsui* (B).



圖四、蘇鐵白輪盾介殼蟲之雌蟲。A. 雌介殼；B. 2 齡若蟲；C.-E. 雌成蟲；F. 臀板和圍陰腺孔群。

Fig. 4. Female cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi. A. female scale cover, B. second instars, C.-E. adult female, F. pygidium and perivulvar pores.

1. 雌成蟲形態

雌成蟲介殼呈白色，外形多變，呈梨形或邊緣不規則形。蟲體爲橘色隱於介殼之下，軀體粗短，大多爲膜質，頭胸部區 (cephalothorax) 及臀板 (pygidium) 有骨化現象。前體 (prosoma) 圓弧狀，與本屬其他種類相比，此區之膨脹程度較不明顯。中胸寬於後胸，腹部逐漸向後窄縮，整體而言是前體寬於後體 (postsoma)。腹部背面亞體緣部 (submarginal) 具背腺管列 (series of macroduct)。亞中區 (submedian) 背小管 (dorsal microduct) 位於後胸和腹部第 1 、 2 節，亦常延及中胸。第 1 腹節側葉 (lateral lobe)，每側各具 1 到 2 根腺刺 (gland spine)。第 4 腹節每側各具 2 根緣腺刺 (marginal gland spine) ；第 5 至 8 腹節每側，則各具 1 根。第 3 到 5 腹節背方體中區至亞緣區 (submarginal zone) 具背腺管列 (series of macroduct)。氣孔盤狀腺孔 (spiracular disc pore) 在前胸具 10 到 24 個，後胸 6 到 15 個。臀板寬廣，邊緣呈圓弧狀，中臀葉 (median lobe) 大於側臀葉 (lateral lobe)，第 2 與 3 臀葉亦發達。中臀葉末端內陷，且內陷區後緣 (mesal margin) 呈微鋸齒狀 (minutely serrate)，頂部圓滑。第 2 臀葉內瓣圓弧狀，較外瓣大，二者相似。第 3 臀葉內瓣發達，外瓣小，呈鋸齒狀。圍陰腺孔 (perivulvar pore)，中群 12 到 17 個，前側群 14 到 26 個，後側群 14 到 21 個 [25](圖四)。

2. 雄成蟲形態

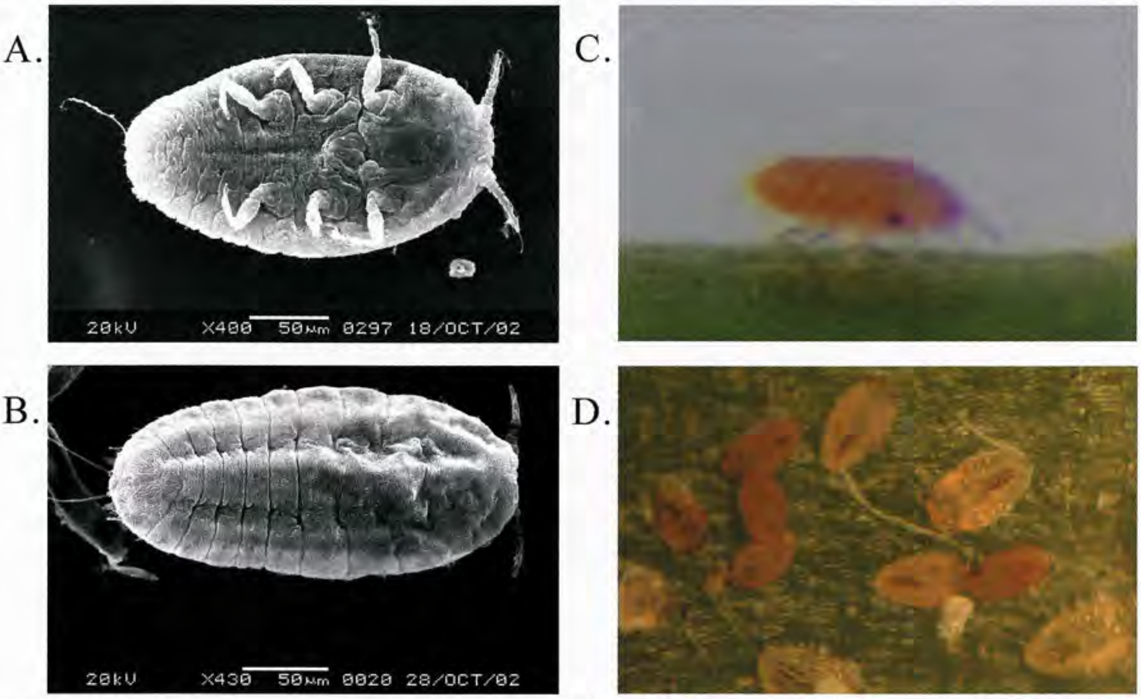
雄成蟲體爲橙黃色，無腺管發育。頭三角形，具 4 眼，背腹各 2 ，口器退化。觸角絲狀，每節上有很多細長的剛毛，前胸和頭癒合，膜質，前胸背板完全發育。中胸發達，骨化程度高，前胸與中胸背板表面皆具皺摺，中胸背側板有翅 1 對，約和蟲體等長，翅基部窄端部寬，膜質，表面具大量絨毛，翅脈有共同軸再分成 R 和 M 脈 2 條。後翅退化成棍狀，端部有 1 長剛毛。足發達，細長，有許多長剛毛，單爪。腹部末端具長形交尾器，其基部有 1 對長剛毛，內具鞘。

3. 初齡若蟲形態

初孵化時，體膜質，橙色，呈卵圓形。體表具大量皺摺，體緣著生有長形剛毛。觸角 5 節；基節最膨大，上有 2 根長剛毛；第三節中央內陷，看似兩節；第五節最細長，上有環紋，具長形端剛毛數根。眼點位於頭部前方體側，明顯突起。中胸及後胸腹方各有 1 對氣孔，周圍具三格盤狀孔。足部發育完全，跗節末端具細長單爪。腹部腹面體節相接處有大量微刺，呈鋸齒狀排列。臀板第一葉突起不明顯，第二葉完全發育，分爲 2 片，每片 4 齒，第三葉未發育。腹部末端具 1 對長尾毛，長度可達身體的一半 (圖五)。

㈡蘇鐵白輪盾介殼蟲分子鑑定

介殼蟲蟲體微小且外形相似，幼體時期特徵不明顯，在鑑定上不易確定，造成

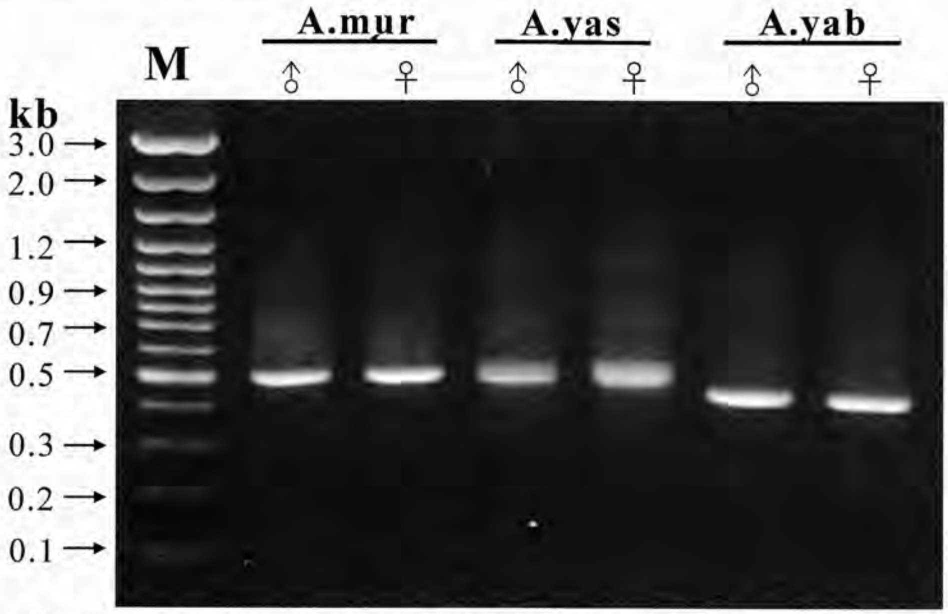


圖五、蘇鐵白輪盾介殼蟲之初齒若蟲。A. 遊走若蟲 (腹面) ；B. 遊走若蟲 (背面) ；C. 遊走若蟲；D. 固著若蟲。

Fig. 5. First instars of cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi. A. crawler (ventral), B. crawler (dorsal), C. crawler, D. fixed first instars.

在檢疫及害蟲鑑定工作上困難重重。目前已利用基因組核酸標誌 (genomic DNA markers) 的分子診斷技術，提供鑑定 3 種台灣普遍存在的白輪盾介殼蟲 (*Aulacaspis* spp.)，包括爲蘇鐵白輪盾介殼蟲、月橘白輪盾介殼蟲 (*A. murrayae* Takahashi) 和樟白輪盾介殼蟲 (*A. yabunikkei* Kuwana)。本研究主要利用聚合酶連鎖反應 - 限制酶片段長度多態型 (polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism, PCR-RFLP) 技術，探討核糖體形成基因 (ribosomal DNA, rDNA) 之組成差異 [2]。

使用單隻標本分別萃取 DNA 後，利用 PCR 引子對 (Amur18S-3 和 ITS6) 增幅 rDNA 之部分的 18S 、 ITS1 及部分的 5.8S 區域。結果顯示，蘇鐵白輪盾介殼蟲和月橘白輪盾介殼蟲均產生約 500bp 的 DNA 片段；樟白輪盾介殼蟲則產生約 450bp 的 DNA 片段 (圖六)。將增幅的片段利用多種限制酶進行 RFLP 分析，結果以 TaqI 、 MspI 、 CfoI 和 HaeIII 四種限制酶所得的 RFLP 圖譜，可容易區別三種白輪盾介殼蟲 [2](圖七)。



圖六、利用 Amur18S-3 和 ITS6 引子組合增幅三種白輪盾介殼蟲之 ITS1/rDNA 的 PCR 產物圖譜

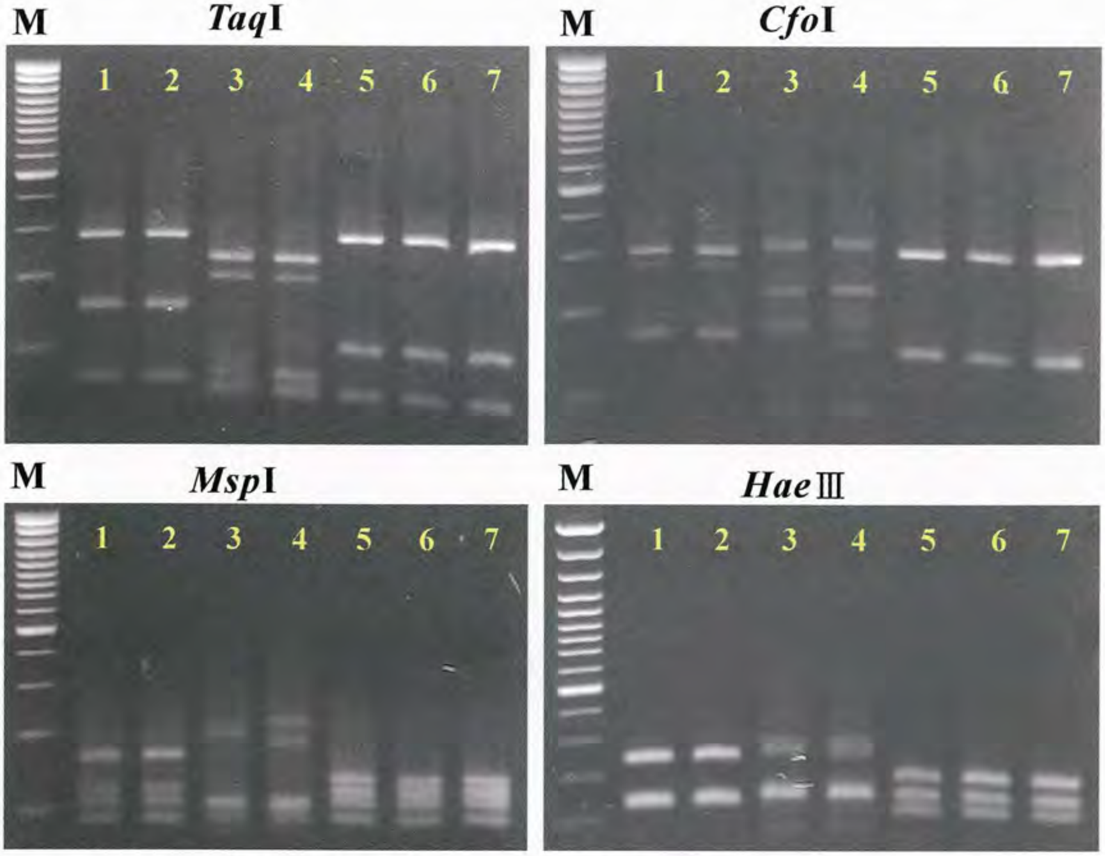
Fig. 6. Amplification patterns of PCR products of ITS1 regions on rDNA using the primers, Amur18S-3 and ITS6, for three Aulacaspis species. *A. mur*, *A. murrayae*; A. yab, *A. yabunikkei*; A. yas, *A. yasumatsui*. M, 100bp DNA ladder maker (MBI Fermentas).

二、蘇鐵白輪盾介殼蟲生物學及生態學的研究

(一)生活史及習性

蘇鐵白輪盾介殼蟲其卵的長徑約 0.23mm ，橫徑約 0.11mm 。在定溫 25 °C相對濕度 60% 的條件下，約 8-19 天可孵化成一齡若蟲。孵化的時間會受雌成蟲日齡的影響，即愈早產出的卵，其孵化時間較長。 6-9 月所進行的孵化試驗，其孵化率約在 90% 左右，但 10 月的試驗則僅有 61% 左右，推測 10 月以後所產下的卵，可能具有滯育越冬的現象。

一齡若蟲可依其不同行爲分成四個時期，首先是剛孵化後的靜止期 (postnatal torpidity) ，一齡若蟲孵化後會在母體的介殼下靜止不動，持續數分鐘到數小時，直到受碰觸刺激後才進入第二期。第二期是移動擴散期 (moving period) ，這是蘇鐵白輪盾介殼蟲一生中唯一活潑移動的時期，移動距離可達數十公尺以上，因其迂迴的移動且通常於母體不遠處固著，故稱爲遊走若蟲 (crawler) 。雌、雄蟲的移動能力不同，一般雌蟲移動能力較雄蟲強，且雄蟲喜歡在母體附近聚集。當遊走若蟲將口針刺入蘇鐵植株後，便進入第三期取食生長期 (feeding period) ，此時足收縮於身體下方，將身體撐平後，用口針固著於蘇鐵植株上取食，並開始分泌蠟絲，當



圖七、四種剖 ITS1/rDNA 區段的 PCR 限產物制(引子組合為 Amur18S-3 and ITS6)之種間 RFLP 圖譜分析 (A. TaqI; B. MspI; C. CfoI; D.Hae I)。

Fig. 7. Inter-species RFLP analysis of the ITS1/rDNA region PCR product (primers Amur18S-3 and ITS6) (endonucleases: TaqI, MspI, CfoI, and Hae I).

Lane 1 & 2, *A. murrayae*; lane 3 & 4, *A. yasumatsui*; lane 5-7, *A. yabunikkei*, M, GeneRuler TM 100bp DNA ladder plus maker (MBI Fermentas).

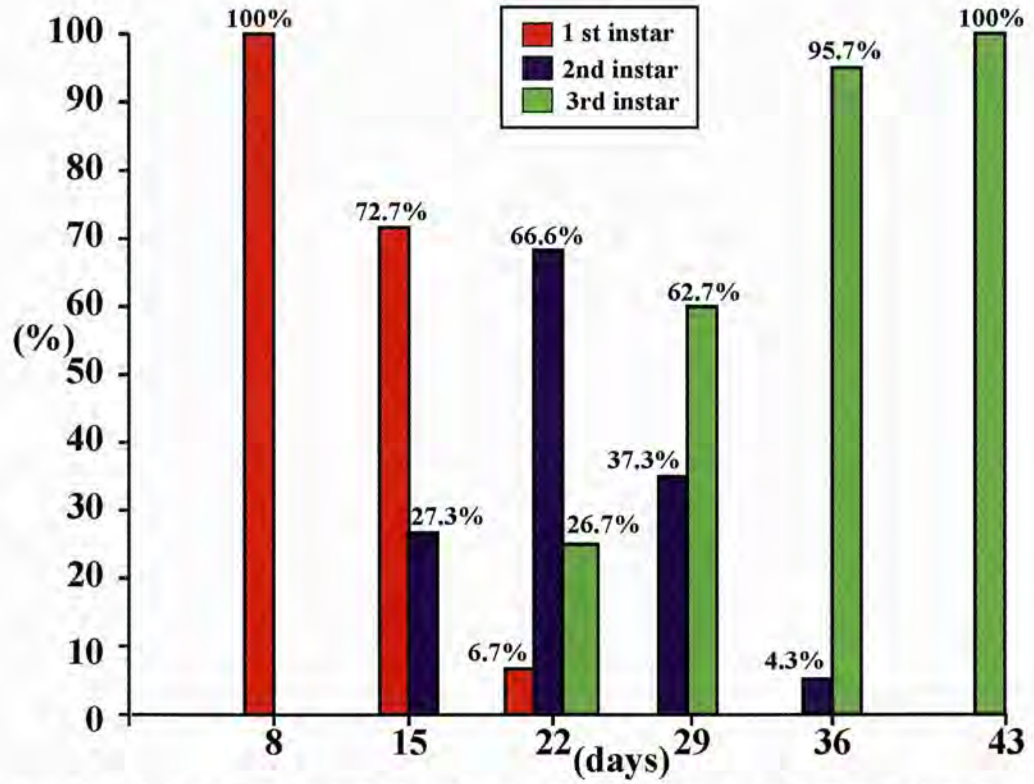
身體長到一定大小時，便進入第四期，形態變化期 (morphogenetic period)，此時取食停止且觸角開始退化，在足完全退化及新皮腺形成後，便脫皮進入第二齡期 (22)。

二齡若蟲從介殼外形即可明顯區分雌、雄，後者之介殼具有三條長形縱脊的柔軟介殼，此分泌的介殼會持續到雄蟲羽化。二齡雌蟲的足及觸角均已退化，並利用脫皮後新生的口器再插入蘇鐵植株固著取食，此時期已具有完整的臀板，但生殖器尚未發育成熟，取食成長到一定大小時，便再度脫皮進入第三齡，即為成蟲。成蟲與二齡雌若蟲外形相似，差異僅在雌成蟲具有圍陰腺孔群，且能生殖產卵。剛脫皮後的雌成蟲體軀仍可繼續成長，特稱為幼體成蟲 (neotenic)[6, 24]。處女成蟲會將臀

板伸出介殼外，並釋放性費洛蒙吸引雄蟲交尾。田間初步調查結果顯示，雌成蟲以孤雌生殖爲主，且分別有產雄與產雌的不同雌成蟲個體，值得再進一步研究。

生活史的試驗中，收集試驗區的蟲卵，孵化後即轉移至蘇鐵植株，第 14 、 15 天即脫皮進入第二齡雌若蟲，約至第 22 天再脫皮進入雌成蟲期，雌成蟲於第 36 天開始達性成熟可開始產卵（圖八）。雌成蟲可終生產卵，在繁殖季節，產卵期約 4-6 週，而在冬季世代的雌成蟲，產卵期可達 13 週 (21) 。卵產出後，圍陰腺孔群會分泌蠟絲，覆於卵殼上加以保護。一般雌成蟲產卵量達 100 顆以上。

三齡雄若蟲不具有口器，不食不動，也不再分泌蠟絲，因此一般稱三齡雄若蟲爲前蛹期，四齡雄若蟲爲蛹期。三齡前蛹期的口器和消化器官退化，且具有部分成蟲器官的芽體，如觸角、複眼、翅、足和交尾器，但從外形上仍無法完全看出。四齡蛹期的觸角和足分節明顯，胸板結構較前蛹複雜，交尾器明顯外露，類似完全變態類之裸蛹，形態完全不同於前三齡若蟲，但蛹期具有外露的翅芽，與眞正完全變



圖八、蘇鐵白輪盾介殼蟲感染蘇鐵後，在 2002 年 9-10 月間不同齡期的百分比

Fig. 8. Percentages of different instars of *Aulacaspis yasumatsui* on cycad host plants at successive intervals after infestation by the scale insect on September-October 2002.

態類昆蟲不同。雄成蟲複眼及觸角發達，但口器退化，羽化後壽命僅 1 ～ 2 天，具有翅一對，不善飛行，會被雌成蟲的性費洛蒙吸引前往交尾 (16)。

(二)危害情形及寄主範圍

蘇鐵白輪盾介殼蟲主要危害蘇鐵科 (Cycadaceae) 、美洲鳳尾蕉科 (Zamiaceae) 和蕨狀蘇鐵科 (Stangeriaceae) 的植物。其中，又以蘇鐵科中的蘇鐵屬 (*Cycas*) 植株受害最爲嚴重，根據目前的文獻紀錄顯示，該蟲可危害至少 23 種蘇鐵植物 (表一) 。蘇鐵白輪盾介殼蟲可危害蘇鐵全株各部，包括根莖葉部、毬花 (strobili) 和種子等，其中又以葉軸 (rachides) 與羽狀小葉 (pinnae) 受害最爲嚴重 (21) 。

爲害葉片時，較偏好在葉下表面，首先集中於葉片基部危害，然後逐漸擴散於葉軸下表面。葉軸下表面之蟲口密度十分擁擠時，逐漸轉往羽狀小葉下表面危害，在蟲口密度極高時，便會擴散到葉上表面。嚴重危害時，數量衆多的雌雄蟲層層交

表一、蘇鐵白輪盾介殼蟲可感染的蘇鐵目種類 (改自 Howard et all, 1999)
Table 1. Cycads infested with cycad scale, ***Aulacaspis yasumatsui*** Takagi (modified from Howard et al., 1999)

Family	**Genus**	**Species**
Cycadaceae	*Cycas*	*media* R. Brown
		panzhihuaensis L. Shou & S. Y. Yang
		revoluta Thunberg
		rumphii Miguel
		seemannii A. Braun
		szechuanensis W. C. Cheng & L. K. Fu
		taitungensis C. F. Shen, K. D. Hill, C. H. Tsou & C. J. Chen
		thouarsii R. Brown ex Gaudich
		wadei Merrill
Zamiaceae	*Dioon*	*califanoi* De Luca & Sabatori
		edule Lindley
		merolae De Luca
		rzedowskii De Luca, Moreti, Sabatori & Vasquez
		spinulosum Dyer (strobili only)
		tomasellii De Luca var. *sonorense*
	Encephalartos	*barteri* Miguel (strobili only)
		ferox Bertoloni
		hildebrandtii nr. Lembombensis A. Braun & Bouché
		manikensis (Gilliland)
		pterogonus R. A. Dyer & I. Verd
		whitelockii P. J. H. Hurter
	Microcycas	*colocoma* (Miguel) de Candolle (strobili only)
Stangeriaceae	*Stangeria*	*eriopus* (Kunze) Baillon

表一

疊，在蘇鐵植株上滿佈蟲體所分泌的白色介殼，有如覆蓋一層層的白色雪花十分醒目。最後葉片黃化，枯萎，終至脫落，如遇乾燥的季節則更易枯死。除了葉片外，蘇鐵白輪盾介殼蟲可危害土壤下蘇鐵植株的主根，甚至可在 60cm 土壤下的根部發現蘇鐵白輪盾介殼蟲的存在，也因爲如此更增加防治的困難度 (21) 。此外，在莖幹部的危害，可深入芽鱗內部。

蘇鐵白輪盾介殼蟲在台灣短短不到三年的時間，已快速的蔓延危害超過三百公里以上的距離，從台北拓展到高雄、屏東、花蓮、台東，如此快速遷移擴散的主要原因，除了人爲的攜帶，苗木販售搬運的長距離移動之外，在短距離的遷移和鄰近植株間的傳播，則主要依靠具有移動能力主動分散的初齡若蟲。此外，移動的初齡若蟲和卵，也可藉由風及氣流進行被動的分散。其次在嚴重受害的葉片上，會佈滿剛孵化的初齡移動若蟲和散佈的卵粒，藉由葉軸、葉片和羽狀小葉的摩擦，造成初齡移動若蟲和卵粒隨風和氣流而遷移感染，甚至因爲受感染根部的接觸亦會進行短距離的遷移擴散。因此將受感染枝條及葉片修剪後，應立即用塑膠袋裝封後置於太陽下，至少曝曬七日，待葉片乾枯後再行丟棄或燒毀，避免藉由修剪後的感染葉片搬移而擴散。

三、蘇鐵白輪盾介殼蟲之族群動態

自 2000 年起，於台灣大學及中正河濱公園設置試驗區。 2003 年起，在台北、台中、彰化及嘉義又分別設置試驗區，每週進行一次蟲數的調查監測，期望瞭解蘇鐵白輪盾介殼蟲在環境中的族群變動，作爲防治時機的參考。

在 2001 年至 2003 年的族群動態監測記錄中發現，該蟲於 4 、 5 月開始族群顯著增多，在 6 月達到高峰，葉下表面的蟲體密度遠高於葉上表面，向風面的蟲體密度高於背風面。 7 月底 8 月初進入第二次發生高峰，而 9 月中則進入第三次發生高峰期，隨後於 10 月發生量逐漸降低，似乎將進入越冬期 (圖九) 。

從 2002 至 2003 年的族群動態監測記錄，與實驗室定溫定濕的生活史試驗的結果推測，生活史約 1.5 個月左右的蘇鐵白輪盾介殼蟲，以 1.5 個月約一個世代的時間，自 4 、 5 月開始大量發生，至 10 月以後逐漸減少，其間約可發生 3 個世代，發生盛期在春末至初秋時期，冬天則進入休眠期。

四、蘇鐵白輪盾介殼蟲天敵之資料與調查

自 2002 年的例行性調查中，開始陸續發現不少蘇鐵白輪盾介殼蟲的天敵，其中包括有：瓢蟲類 (2 種) 、小蜂類 (2 種) 、薊馬類 (1 種) 、草蛉 (1 種) 。標本經送農業試驗所應用動物組初步鑑定後，分別爲：金小蜂科 (Pteromalidae)(種類未

明）；跳小蜂科 (Encyrtidae) 跳小蜂亞科 (Encyrtinae) 之 *Arrhenophagus chionaspidis* Aurivillius, 1888 以及薊馬類 *Aleurodothrips fasciapennis* (Franklin)。其中 *A. chionaspidis* 爲寄生於椰子擬白輪盾介殼蟲 (*Pseudaulacaspis cockerelli*) 與樟白輪盾介殼蟲 (*A. yabunikkei*) 之台灣原生種類。截至目前的調查，本寄生蜂的寄生率極高，但主要寄生於雄蟲，雌蟲被寄生的比率遠低於雄介殼蟲。

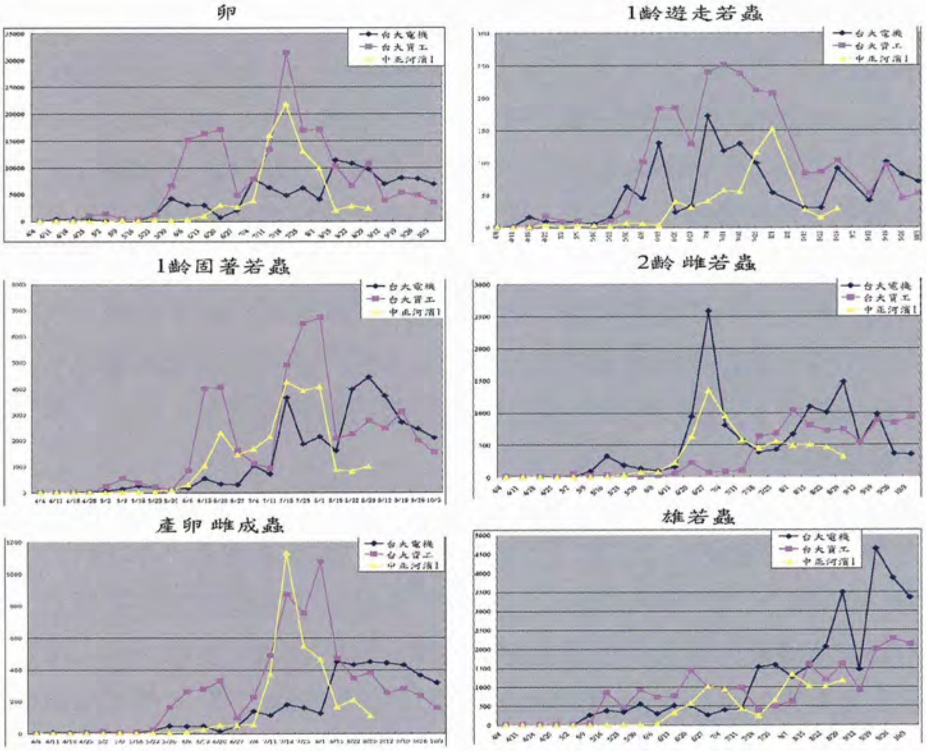
2002 年 2 月調查發現，有草蛉的卵產於受害的蘇鐵葉上，但產卵的密度並不高，一棵約 100 公分高的受害蘇鐵，約可尋獲 30-50 顆草蛉卵，在葉下表面可零星的發現草蛉幼蟲，進行獵捕遊走若蟲及固著的若蟲，並在草蛉幼蟲身上可發現雄介殼及雌介殼（圖十）。攜回飼養的草蛉幼蟲，無法飼養到成蟲，因此在草蛉的鑑定上遇到一些困難。

除了草蛉幼期外，於 3-6 月中也發現捕食性瓢蟲，瓢蟲類共有兩種，經台灣大學許洞慶教授初步鑑定，均屬小黑瓢蟲類。一種爲體型極小的粉白小黑瓢蟲 (*Telsimia nitida*)，約 0.5 -1.0mm 左右，全身具有黑色金屬光澤，身上不具有斑點，活動部位主要在介殼蟲密度最高的葉基部、葉柄及葉下表面。另一種爲體型較大的四點小黑瓢蟲 (*Pharoscymnus taoi*)，約 2.0-3.0mm 左右，體表呈黑色，翅鞘有四個橘色斑點，且體表密佈有細毛（圖十一）。7 月以後，瓢蟲的數量急遽減少，僅有零星個體。

在 5 月的調查中，首次採集到薊馬類天敵，經農業試驗所王清玲博士鑑定爲食粉蝨薊馬 (*Aleurodothrips fasciapennis* (Franklin))，此蟲喜歡躲藏於蘇鐵小葉下表面的凹陷處及介殼蟲的介殼內，觀察及採集的數量不多，僅在 5 、 6 月有發現（圖十二）。

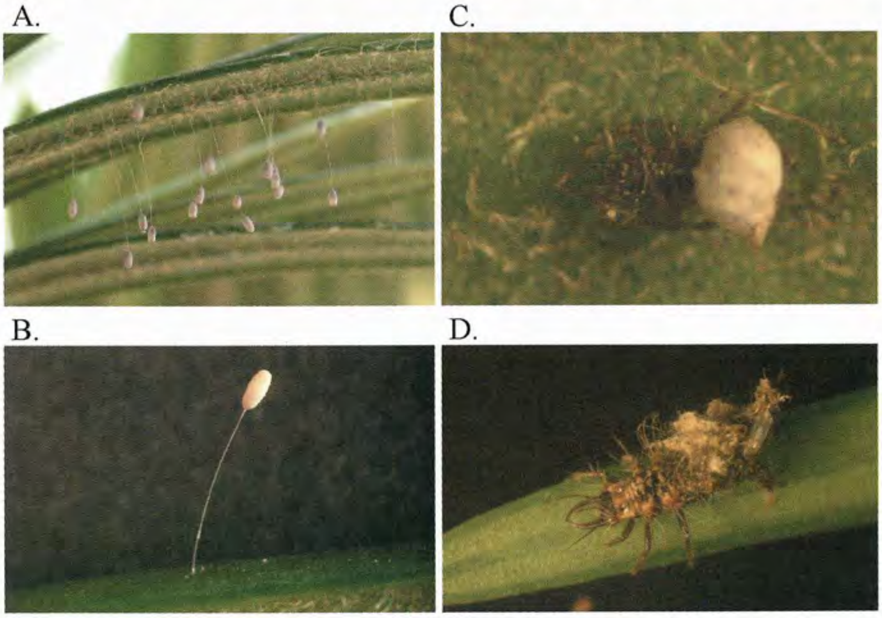
小蜂類天敵，發現有兩種，其中金小蜂科的寄生蜂僅在 4 、 5 月有發現。另一種天敵--跳小蜂，經農業試驗所陳淑佩博士鑑定爲 *Arrhenophagus chionaspidis* Aurivillius，是蘇鐵白輪盾介殼蟲最重要的本土性天敵。從 4 月開始，即有零星的寄生個體發現，隨之，寄生率快速增高，6 月份雄介殼蟲被寄生率約 5 、 6 成左右，到 10 月份，雄蟲被寄生率幾達 100%。雌蟲被跳小蜂寄生的比率則約 30% 成左右，由此可見，此跳小蜂有發展成爲蘇鐵白輪盾介殼蟲的生物防治天敵的潛力，值得針對此寄生蜂進行深入的探討（圖十三）。在野外的觀察中，此寄生蜂應是產卵於介殼蟲 2 、 3 齡若蟲上。寄生雄蟲者，在雄蟲前蛹或蛹期時羽化，寄生雌蟲者，在雌蟲三齡成蟲期羽化。

除了昆蟲類的天敵外，在台東紅葉村及桃源村的調查過程中，也發現眞菌類的天敵。將採樣的標本送台灣大學植物病理系進行鑑定，經謝煥儒教授初步鑑定的結果，應屬於放線菌科的眞菌，其他相關的資料仍在蒐集研究（圖十四）。此眞菌性



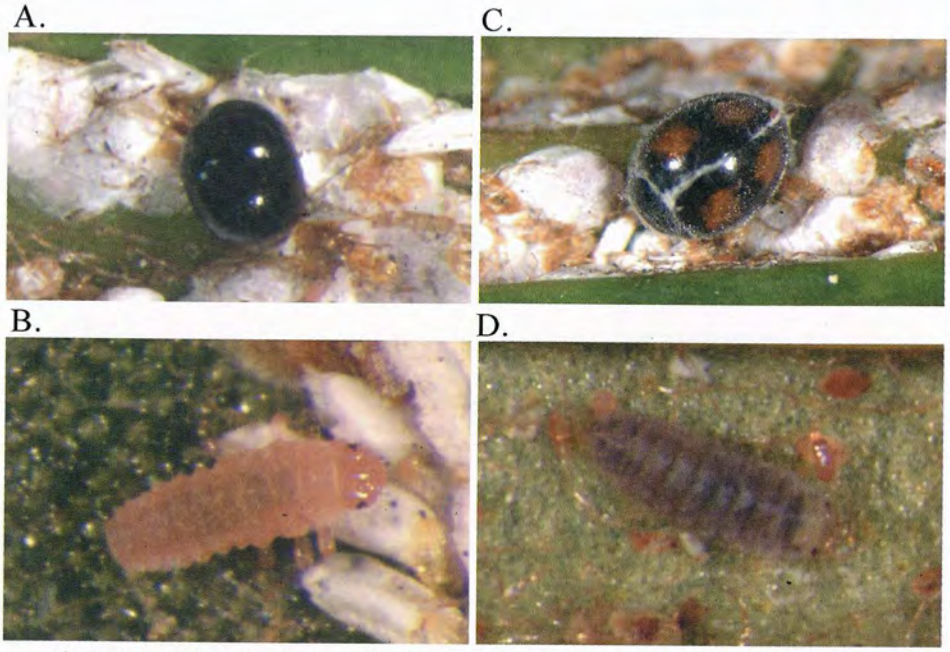
圖九、2002年蘇鐵白輪盾介殼蟲各齡期之族群動態

Fig. 9. Population dynamics of cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui*, in 2002.



圖十、蘇鐵白輪盾介殼蟲之天敵草蛉。A. & B. 卵；C. & D. 幼蟲。

Fig. 10. Predator of cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui*: green lacewing, A. & B. eggs, C. & D. larva.

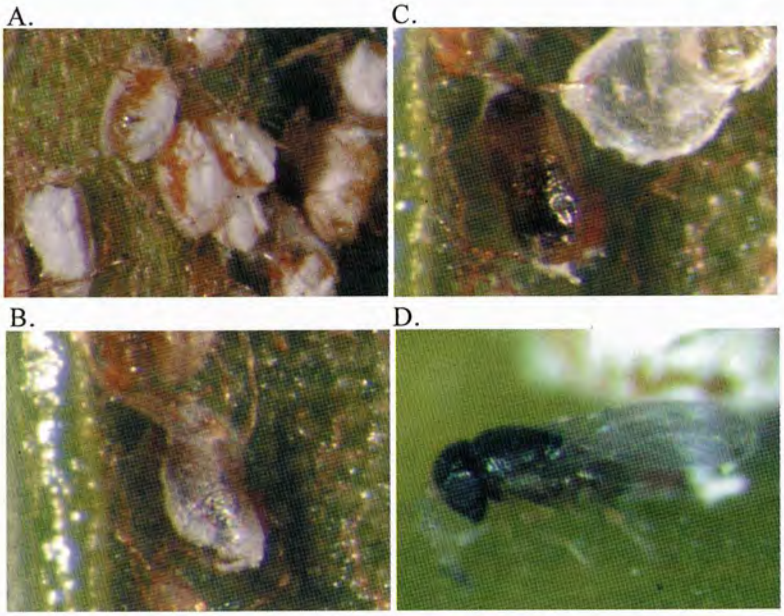


圖十一、蘇鐵白輪盾介殼蟲之天敵瓢蟲。A. 粉白小黑瓢蟲成蟲；B. 粉白小黑瓢蟲幼蟲；C. 四星小黑瓢蟲成蟲；D. 四星小黑瓢蟲幼蟲

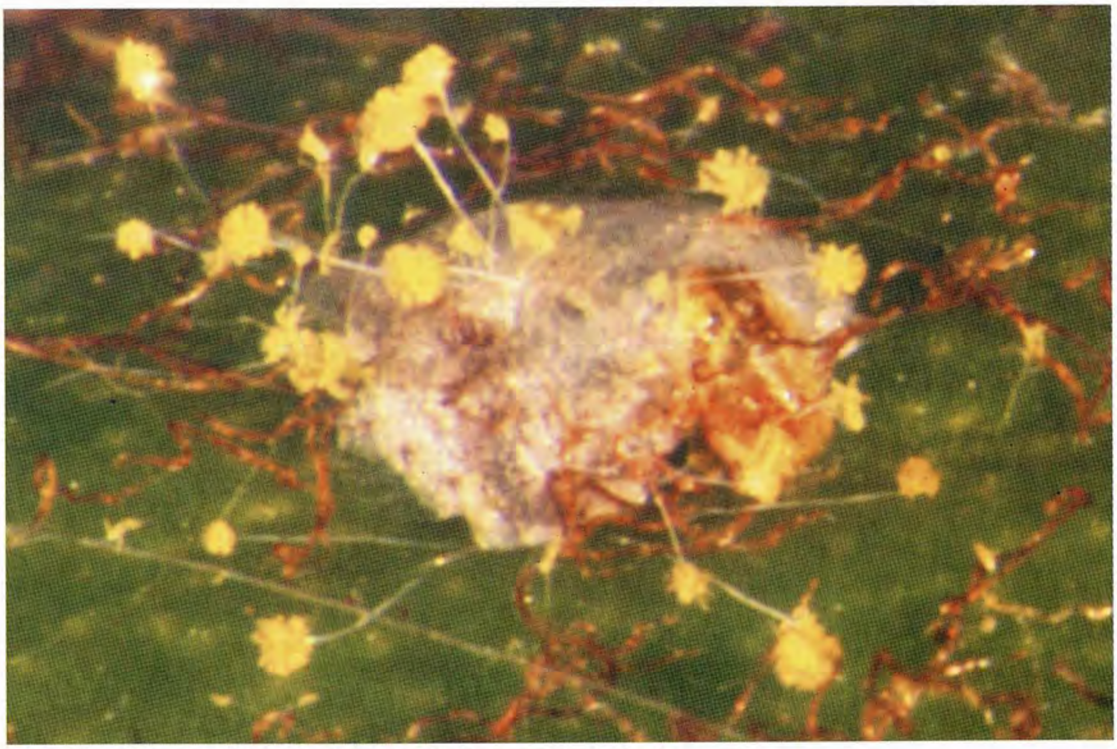
Fig. 11. Predator of cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui*: ladybird beetle, A. & B. adult and larva of *Telsimia nitida*, C. & D. adult and larva of *Pharoscymnus taoi*.

圖十二、蘇鐵白輪盾介殼蟲之天敵食粉蝨薊馬

Fig. 12. Predator of cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui*: thrip, *Aleurodothrips fasciapennis* (Franklin).



圖十三、蘇鐵白輪盾介殼蟲之天敵跳小蜂(*Arrhenophagus chionaspidis* Aurvillius)
Fig. 13. Parasitoid of cycad scale, ***Aulacaspis yasumatsui***: encyrtids, *Arrhenophagus Chionaspids* Aurvillius.



圖十四、蘇鐵白輪盾介殼蟲之真菌性天敵放線菌
Fig. 14. Entomopathogenic fungus, Actinomycetaceae, of cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui*.

天敵若經確認，不失爲生物防治另一利用的方向。

此外，由於國內蘇鐵遭受蘇鐵白輪盾介殼蟲嚴重危害，爲保護台東紅葉村台東蘇鐵自然保留區內之台東蘇鐵免受本蟲的危害，擬仿效美國佛羅里達州 Baranowski and Glenn(1999)(9) 針對該介殼蟲的作法，自泰國引入該介殼蟲的捕食性天敵雙色出尾蟲 (*Cybocephalus binotatus* Grouvelle)，和寄生性天敵褐黃異角蚜小蜂 (*Coccobius fulvus*) 進行生物防治。目前，與屏東科技大學合作，已向動植物防疫檢疫局提出自泰國引進天敵的申請。

雙色出尾蟲 (*Cybocephalus binotatus*)，其分類地位爲鞘翅目方頭出尾蟲科 (Cybocephalidae)，*Cybocephalus* 屬的捕食性出尾蟲，爲盾介殼蟲類重要的天敵，生物防治天敵中，是目前廣泛使用的種類。美國曾引入該屬的三個種類，進行盾介殼蟲的生物防治。其中，有自亞洲引入的 *Cybocephalus gibbulus* Erichson，釋放於南加州，用以防治加州紅介殼蟲 (13)。另外，尚有自韓國引入的 *Cybocephalus nipponicus*，釋放於美國東北部，用以防治 euonymus scale(12)；以及自泰國引入的雙色出尾蟲 (*Cybocephalus binotatus*)，釋放於佛羅里達州 43 個地點，用以防治蘇鐵白輪盾介殼蟲 (9)。

此外，褐黃異角蚜小蜂 (*Coccobius fulvus*) 亦是重要的天敵之一，其分類地位爲膜翅目蚜小蜂科 (Aphelinidae)，爲介殼蟲類重要的天敵。該寄生蜂從卵發育至成蟲的時間很短，在 25 °C的條件下僅需 25 天，20 °C的條件下也只要 33 天。加上淨生殖力大 (30.4)，成蟲壽命長 (20.2 天)，使得該寄生蜂在寄主低族群量時具防治能力的優良寄生蜂 (15)。美國加州在 1950 年即自台灣引入該寄生蜂，進行柑橘上介殼蟲 (purple scale, *Lepidosaphes beckii* (Newman)) 的生物防治 (11)。1980 年，日本則自中國大陸引入該寄生蜂，主要針對柑橘上的箭頭介殼蟲 (arrowhead scale, *Unaspis yanonensis*) 進行生物防治 (15)。此外，美國佛羅里達州在 1997 年，自泰國引入該寄生蜂，釋放於佛羅里達州 20 個地點，用以防治蘇鐵白輪盾介殼蟲 (9)。

由此可知，雙色出尾蟲和褐黃異角蚜小蜂均有引入防治介殼蟲的先例，尤其美國佛羅里達州已進行引入釋放防治蘇鐵白輪盾介殼蟲，效果顯著，值得我們效法引入，進行蘇鐵白輪盾介殼蟲的防治試驗。

五、蘇鐵白輪盾介殼蟲輻射處理之研究

輻射照射的應用很廣，其中應用在農業上的主要有：*1.*農產品及食品的照射；*2.*昆蟲不孕性處理技術；*3.*誘變育種；*4.*雜項應用等。農產品食品輻射照射技術應用之目的，是爲達到殺菌、降低菌數、滅蟲、抑制發芽、延遲蔬果後熟及改善品質

等功能，在國際上研究已長達五十餘年，安全性早在 1980 年被聯合國糧農組織 (FAO)、國際原能總署 (IAEA)、世界衛生組織 (WHO) 和美國醫藥學會證實，在劑量 10Kgy 以下的照射的農產品食品是衛生安全，不需再經任何毒性試驗，而且該類產品亦無營養及微生物方面的特殊問題。1986 年美國食品藥物檢驗局 (FDA) 一連串通過多項農產品加馬射線處理的法規使輻射照射技術商業化 (3)。

我國衛生署也於 1983、1985、1999 年陸續批准十餘項農產品之照射相關規定，使食品輻射照射有法源根據。此外，輻射照射有其特殊的優點，例如：*1.* 操作簡單、方便、快速而有效；*2.* 加馬射線穿透力強，且均勻度佳，可大量迅速處理樣品；*3.* 可減少化學藥物的使用；*4.* 經照射之食品，其化學組成不受影響。因而，使輻射照射成爲近年來檢疫處理的研究重點 (1)。

本研究以 Co^{60} 的加馬射線進行蘇鐵白輪盾介殼蟲 (Aulacaspis yasumatsui Takagi) 的輻射處理試驗。在針對卵、一齡遊走若蟲及一齡固著若蟲，進行輻射照射劑量的試驗中，卵對輻射的敏感度最高，在 150 Gy 的照射劑量下，所有卵均無法孵化。一齡遊走若蟲試驗的結果，以 200 Gy 的輻射劑量照射後，若蟲活動力降低無法固著而死亡。一齡固著若蟲在 250 Gy 的照射劑量之下，生長明顯受阻，介殼泌蠟分泌不健全，試驗的固著若蟲均無法順利脫皮發育爲二齡若蟲。

由初步的成果可知，利用輻射照射對蘇鐵白輪盾介殼蟲的卵期及一齡若蟲期，具有相當有效的滅蟲效果。若以輻射照射作爲檢疫處理措施，對蘇鐵白輪盾介殼蟲卵及一齡若蟲期，以 250 Gy 的照射處理劑量進行，即可達完全滅蟲的要求。不過仍必須進行更進一步的評估試驗，以期能實際應用於未來檢疫措施的實際業務上。

六、蘇鐵白輪盾介殼蟲殺蟲藥劑的篩選及執行緊急防治

在基礎研究進行的同時，也與桃園區農業改良場施錫彬副研究員合作，進行有效殺蟲藥劑的篩選，以實際提供蘇鐵白輪盾介殼蟲的防治，有關藥劑篩選試驗主要由桃園區農業改良場完成。

殺蟲劑對介殼蟲初齡移動若蟲毒性測驗，結果顯示 11% 百利普芬乳劑、4.95% 芬普尼水懸劑、9.6% 益達胺溶液、48.34% 丁基加保扶可濕性粉劑及 44% 大滅松乳劑之 LD50 分別爲 112.34ppm、49.97ppm、72.34ppm、297.07ppm，表示移動若蟲對藥劑非常敏感。

室內浸漬藥劑藥效測定，則以 95% 夏油稀釋 100 倍、2% Citrle 稀釋 100 倍的效果最佳，可達 100% 的殺蟲效果。其次，44% 大滅松乳劑稀釋 1,000 倍及 9.6% 益達胺溶液稀釋 1,000 倍效果也很優異，殺蟲效果都在 90% 以上。

田間藥效測定試驗，結果以 44% 大滅松乳劑稀釋 1,000 倍、95% 夏油稀釋 100

倍的防治效果最好。進行防治時，先修剪危害葉片後，利用強力水柱去除腋芽鱗莖及絨毛內介殼蟲，再噴灑 44% 大滅松乳劑稀釋 1,000 倍加 95% 夏油稀釋 100 倍之處理，可徹底防治蘇鐵白輪盾介殼蟲。

目前，蘇鐵白輪盾介殼蟲已經蔓延到台東縣延平鄉，包括鄰近台東蘇鐵自然保留區的紅葉村及桃源村，對台灣原生種台東蘇鐵造成嚴重危害的威脅。經過實地勘查，雖然「台東紅葉村台東蘇鐵自然保留區」的台東蘇鐵，目前尚無被害徵狀，但是該自然保留區距離受害嚴重的紅葉村，僅有數公里之遠，如果任由紅葉村的蘇鐵白輪盾介殼蟲蔓延，很可能會對自然保留區內珍貴稀有的台東蘇鐵造成很大災害。

因此，在該蟲尚未擴大危害，入侵自然保留區之前，應未雨綢繆妥為因應。所以，在動植物防疫檢疫局的策劃下，針對紅葉村及桃源村進行蘇鐵白輪盾介殼蟲緊急撲滅的防治計畫。本計畫採取標、本兼治方式進行蘇鐵白輪盾介殼蟲緊急防治。近程方面，利用篩選出的有效化學藥劑進行噴灑，以 44% 大滅松乳劑稀釋 1,000 倍加 95% 夏油稀釋 100 倍之混合液，針對紅葉村及桃源村之蘇鐵白輪盾介殼蟲進行緊急撲滅工作。中程方面，則自泰國引進有效天敵，建立飼養及釋放技術。遠程方面則收集本蟲之生態資料，評估耕作防治、物理防治、生物防治等可行性。結合蘇鐵之栽培管理、害蟲的生態監測、各種防治策略之施行等，期能進行蘇鐵害蟲綜合管理，進而推廣應用於蘇鐵的栽培管理，徹底解決當前蘇鐵栽培之困境。

截至目前爲止，針對紅葉村及桃源村兩聚落，共約 3,000 餘棵蘇鐵，已連續進行六次全面性的化學防治噴藥工作。除了少數噴藥樣點其防治率約達 90% 外，其餘噴藥樣點防治率幾乎達 100% ，估計再進行 2-3 次的噴藥，即可完成紅葉村及桃源村蘇鐵白輪盾介殼蟲的緊急撲滅計畫，使台東紅葉村台東蘇鐵自然保留區保有安全之緩衝區。

2003 年 1 月，歐洲暨地中海植物保護組織 (European and Mediterranean Plant Protection Organization) 已明訂將蘇鐵白輪盾介殼蟲列爲警戒害蟲名錄 (alert list)，在農產品的進出口上，受到嚴格的法規管制。爲了保護台東原生蘇鐵保留區不受該蟲的侵襲危害，降低農民栽種蘇鐵的損失，以及減少公園、校園、綠地上蘇鐵的死亡，亟需建立一個杜絕蘇鐵白輪盾介殼蟲擴散的標準操作程序，以遏止該蟲的擴散及危害。目前也已草擬完成杜絕蘇鐵白輪盾介殼蟲擴散的標準操作程序，期能有效杜絕本蟲之擴散，保護台東紅葉村台東蘇鐵自然保留區內之珍貴蘇鐵。

結　語

鑑於蘇鐵白輪介殼蟲在近幾年的擴散、危害，本蟲若未能有效的管理，將使台灣的蘇鐵面臨極大的生存威脅。尤其在台東紅葉村台東蘇鐵自然保留區內之珍貴稀有的台東蘇鐵林，將可能遭受入侵危害。本文嘗試以害蟲綜合管理防治的角度出發，收集本蟲相關的資料，期能建立本蟲的綜合管理方法，有助於蘇鐵的保護。

參考文獻

1. 吳家駒、錢明賽。 2000 。食品照射法規之發展現況。核研季刊 34:7-17 。

2. 邱一中、吳文哲、石正人。 2001 。利用 PCR-RFLP 技術鑑定三種白輪盾介殼蟲 (*Aulacaspis* spp.)(同翅目：盾介殼蟲科) 及其在檢疫上之應用。台灣昆蟲 21:365-375 。

3. 胡燦。 2000 。輻射照射農業應用研發工作的回顧。核研季刊 34:47-53 。

4. 徐堉峰、楊平世、藍博倫。 1998 。台東紅葉村台東蘇鐵自然保留區東陞蘇鐵小灰蝶生態基本資料研究及蝶相。台灣省農林廳林務局保育研究系列 87-10 號。 33 頁。

5. 徐堉峰、楊平世、藍博倫、吳立偉、許芳瑾。 2000 。台東紅葉村台東蘇鐵自然保留區東陞蘇鐵小灰蝶生態基本資料研究及蝶相 (二) 。台灣省農林廳林務局保育研究系列 89-11 號。 62 頁。

6. 許如君。 1995 。樟白輪盾蚧在樟樹上的族群動態、空間分佈及取樣技術。國立台灣大學植物病蟲害學研究所碩士論文。 70 頁。

7. 張玉珍、洪麗梅 (編) 。 1986 。臺灣林木害蟲及其寄主植物名錄。臺灣省林業試驗所，台北市。 282 頁。

8. 國立臺灣大學昆蟲研究室 (編) 。 1976 。臺灣花木之重要害蟲。國立臺灣大學昆蟲研究室，台北市。 84 頁。

9. Baranowski, R. M., and Glenn, H. B. 1999. Establishment of *Cybocephalus binotatus* Grouvelle and *Coccobius fulvus* (Compere & Annecke) for suppression of cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi (Homoptera: Diaspididae) in South Florida. Florida Entomological Society Eighty-second Annual Meeting, International Caribbean Conference of Entomology, Fourth Joint Meeting,

The Puerto Rico Entomology Society, July 25-29, San Juan, Puerto Rico. (Poster session abstract)

10. CABI/EPPO. 2000. *Aulacaspis yasumatsui*. Distribution Maps of Plant Pests No. 610. CAB International, Wallingford, UK.

11. Clausen, C. P. ed. 1978. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review. USDA, Agric. Handbook 480. 545 pp.

12. Drea, J. J., and Carlson, R. W. 1988. Establishment of Cybocephalus (Coleoptera: Nitidulidae) from Korea on Unaspis euonymi (Homoptera: Diaspididae) in the Eastern United States. Proc. Entomol. Soc. Wash. 90: 307-309.

13. Flanders, S. E. 1934. The life histories of three newly imported predators of the red scale. J. Econ. Entomol. 27: 723-724.

14. Foldi, I. 1990. The scale cover. pp. 43-54. in: D. Rosen, ed. Armored Scale Insects: Their Biology, Natural Enemies and Control. Volume A. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands. 384 pp.

15. Furnashi, K., and Nishino, M. 1983. Biological control of arrowhead scale, *Unaspis yanonensis*, by parasitic wasps introduced from China. Entomophaga 28: 277-286.

16. Giliomee, J. H. 1990. The adult male. pp. 21-28. in: D. Rosen, ed. Armored Scale Insects: Their Biology, Natural Enemies And Control. Volume A. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands. 384 pp.

17. Halbert, S. E. 2000. Entomology Section-*Aulacaspis yasumatsui* Takagi. Triology 39, Part. 1.

18. Heu, R. A., and Chun, M. E. 2000. Sago Palm Scale. New Pest Adivsory #99-01. Honolulu, State of Hawaii Department of Agriculture. 2 pp.

19. Hodgson, C., and Martin, J. H. 2001. Three noteworthy scale insects (Hemiptera: Coccoidea) from Hong Kong and Singapore, including *Cribropulvinaria tailungensis*, new genus and species (Coccidae), and the status of the cycad-feeding *Aulacaspis yasumatsui* (Diaspididae). The Raffles Bulletin of Zoology 49: 227-250.

20. Howard, F. W., and Weissling, T. J. 1999. Questions and answers about the cycad aulacaspic scale insect. Proc. Fla. St. Hort. Soc. 112: 243-245.

21. Howard, F. W., Hamon A., McLaughlin, M., Weissling, T., and Yang, S. L. 1999. *Aulacaspis yasumatsui* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Diaspididae), a

scale insect pest of cycads recently introduced into Florida. Fla. Entomol. 82: 14-27.

22. Koteja, J. 1990. Life history. pp. 243-254. *in*: D. Rosen, ed. Armored Scale Insects: Their Biology, Natural Enemies And Control. Volume A. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands. 384 pp.

23. Shen, C. F., Hill, K. D., Tsou, C. H., and Chen, C. J. 1994. *Cycas taitungensis* sp. nov. (Cycadaceae), a new name for the widely known cycad species endemic in Taiwan. Bot. Bull. Acad. Sin. 35: 133-140.

24. Takagi, S. 1990. The adult female. pp. 5-28. *in*: D. Rosen, ed. Armored Scale Insects: Their Biology, Natural Enemies And Control. Volume A. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands. 384 pp.

25. Takagi, S. 1977. A new species of *Aulacaspis* associated with a cycad in Thailand (Homoptera: Coccoidea). pp.68-72. in: S. I. Nakao, S. Takagi, T. Tachikawa, and T. Wongsiri. Scale Insects Collected on Citrus and Other Plants and Their Hymenopterous Parasites in Thailand. Insecta Matsumurana New Series 11: 61-72.

26. Tang, W., Yang, S. L., and Vatcharakorn, P. 1997. Cycads of Thailand. Nong Nooch Tropical Garden and the Cycad Conservation Company, Bangkok. 34 pp.

ABSTRACT

Chiu, Y. C.[1], Wu, W. J.[1], Lai, P. Y.[2], Shih, H. P.[3], and Shih, C. J.[1] 2003. Study on the ecology and control of cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi (Homoptera: Diaspididae). p.169-191 *in*: Proceedings of the Integrated Managemunt of Crops Pests in Taiwan.

([1]Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan, ROC; [2]Institute of Tropical Agriculture & International Cooperation, National Pingtung University of Science & Techology, Nei Pu, Pingtung, Taiwan 912, ROC; [3]Taoyuan District Agricultural Improvement Station, Council of Agriculture, Sinwu, Taoyuan, Taiwan 327, ROC)

Since 2000, heavy infestations of a scale insect, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi, have been discovered on cycad, an important ornamental plant in Taiwan. A large number of cycads were found dead in parks, schools, building grounds, and gardens, resulting from its damage. *A. yasumatsui* known to have a high reproductive potential and its area of damage covering the entire plant, including such plant parts as the scales of a stem and underground roots, rendered its control difficult. Since *A. yasumatsui* was only discovered recently in Taiwan, information on its basic biology and ecology has been seriously lacking. This made its control even more difficult. Therefore, we reported here the findings of our study on *A. yasumatsui* in such areas as the routes of its invasion and dispersion, diagnostic identification, life history and population dynamics, screening of insecticides for its control, survey of its native natural enemies, quarantine treatment with radiation, emergency control, and establishment of a standard operation procedure (SOP) to prevent its further spread into cycad protection areas. The findings of this study may be useful in the development of an integrated pest management system for *A. yasumatsui*.

Key words: cycad, Aulacaspis yasumatsui Takagi, cycad aulacaspis scale, identi fication, population dynamics, control

利用溫氏捕植蟎綜合防治草莓二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch)

王前智[1]、施劍鎣[1,3]、蘇紀昌[1]、李采粉[1]、許乃曰[1]、白桂芳[2]

[1]台中市　國立中興大學昆蟲學系

[2]彰化縣　台中區農業改良場

[3]通訊作者

摘　要

本省產溫氏捕植蟎 (*Amblyseius womersleyi* Schicha) 雌成蟎捕食二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 之捕食率及產卵率與食餌密度成正比。溫氏捕植蟎在長方形面積為 5 × 15 cm^2 的載台較其他面積載台具較高的食餌利用效率。每載台上每天餵食二點葉蟎卵及幼蟎 (0.01 g 或 0.005 g) 之捕植蟎密度比每天餵食二點葉蟎若蟎及成蟎 (0.01 g 或 0.005 g) 多；每日供餌量愈多，捕植蟎密度愈高，但捕植蟎對單位食餌之利用率則較低。每日固定餵食 0.01 g 葉蟎卵及幼蟎所獲之捕植蟎族群密度最高，且維持此高密度時間最長，為大量飼育溫氏捕植蟎時之最適供餌量。田間及網室內釋放溫氏捕植蟎或捕植及殺菌劑施藥時機均顯著有效抑制二點葉蟎密度，且低於未釋放區。生物防治及綜合防治區之捕植蟎密度及出現頻度較高。田間釋放捕植蟎可有效防治二點葉蟎達 12 週或全季。於草莓定植 3.5 個月後（一月中旬之二期花果生產期）的自然防治區（未釋放捕植蟎及未施藥區），雖因溫氏捕植蟎的遷入且快速建立高密度捕植蟎族群，但已失去防治葉蟎的適期。網室內溫氏捕植蟎可於 2-4 週內迅速抑制及有效防治葉蟎族群，之後因短期內食餌急速消耗殆盡，致捕植蟎族群滅絕，因此未能對後期 (6-8 週) 侵入的葉蟎族群產生防治效果。

捕植蟎釋放可配合選擇性殺蟲劑及殺菌劑施用，除有效防治二點葉蟎外，亦防治蟲害及減少病害之發生。釋放溫氏捕植蟎或配合化學藥劑均顯示該捕植蟎防治二點葉蟎之效果，顯然溫氏捕植蟎與選擇性殺蟲劑及殺菌劑具相容性，並可減少殺蟎劑之施用。總之，利用溫氏捕植蟎防治二點葉蟎有其實用價值。

關鍵詞：二點葉蟎、溫氏捕植蟎、功能反應、大量飼育、綜合防治

前　言

草莓是台灣高經濟價值的生鮮作物，栽培面積達 400 公頃以上。草莓栽培期間易受二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 之危害，嚴重時造成葉片白斑、黃化甚至落葉、生長勢衰弱，影響產量與品質甚鉅 [6,13,14,33,57]。藥劑防治葉蟎易發展葉蟎之抗性，次要害蟲猖獗及藥劑殘留等問題 [3,17,19,41]。利用及釋放捕植蟎防治二點葉蟎以取代藥劑使用的防治模式，在世界各國行之有年，且成效卓著 [15,31,53]。目前葉蟎之捕植蟎天敵已有英國、美國及荷蘭等私人公司出售捕植蟎，其售價每隻捕植蟎新台幣 0.85-1.15 元，而本研究小量繁殖每隻純捕植蟎約在新台幣 0.4-0.5 元，一旦證實其有效並大量飼養降低成本，必具實用之經濟價值。

美國以低溫冷藏苗而本省農民利用前一年母株所生之匍匐株種植草莓，因此葉蟎通常在草莓育苗期就易發生。傳統草莓葉蟎管理多依賴化學藥劑，然因高密度栽培之草莓生產期，草莓葉片不斷增生、葉蟎吐絲造巢、棲息葉背、抗藥性發展快速等特性，影響了化學防治的效果。葉蟎的天敵主要包括捕食性天敵和微生物天敵，但未發現寄生性天敵 [34]，其中捕植蟎 (Phytoseiid mites) 對葉蟎族群最具防治潛力，主要有 ***Phytoseiulus*** 、 ***Amblyseius*** 和 ***Typhlodromus*** 三屬較爲重要被廣泛利用。大量繁殖及釋放防治葉蟎的捕植蟎類包括：智利捕植蟎 (***Phytoseiulus persimilis*** Athias-Henriot)、法拉斯捕植蟎 (***Amblyseius fallacis*** (Garman))、溫氏捕植蟎 (***Amblyseius womersleyi*** Schicha)、梨捕植蟎 (***Typhlodromus pyri*** Schenten) 等 [46,47,48,54,60]。

溫氏捕植蟎具高增殖率 (rm=0.194-0.320)，短發育期 (5.02-5.69 天) 及高捕食量 (172 神澤氏葉蟎卵 / 捕植蟎， 280-286 二點葉蟎卵 / 捕植蟎)[32,49]。Chang [4] 指出在實驗室中增加花粉及人工飼料可提高溫氏捕植蟎的產卵量和子代性比。

Sabelis [43] 認爲天敵對葉蟎的數量反應爲選擇有效天敵之重要標準，並以 rm 值作爲評估的基準。大量釋放天敵以迅速達到抑制葉蟎族群的效果，則決定於天敵的捕食力、搜尋能力以及與標的害蟲的同律性 [22]。測定捕植蟎的捕食和搜尋的能力，則可由捕食者對⑴捕食者密度，⑵食餌(葉蟎)密度，⑶葉蟎分布的反應關係作判斷。

食餌密度對捕植蟎族群的存活率、發育率、族群的增殖率和子代性比影響甚鉅 [10,11,16,29,39]。Momen (1996)[35] 證實當食餌密度增加時，*A. barkeri* 及 *P. persimilis* 的子代性比也隨之升高，並且食餌種類亦會影響捕植蟎之數量反應。Shih et al. (1993)[50] 報導 *Amblyseius ovalis* (Evans) 僅取食人工飼料時無法完成

其生活史，*A. ovalis* 取食不同葉蟎則會有不同之發育期，若取食 *Oligonychus mangiferus* 及玉米花粉，*A. ovalis* 表現高的繁殖率、存活率、內在增殖率以及雌成蟎壽命。溫氏捕植蟎內在增殖率高，生活史短及在食餌匱乏的情況下，會延長其發育期，且在田間植株內之族群分布與葉蟎之垂直分布能相互配合。利用人工載台進行捕植蟎大量飼育所需空間較小，操作及收獲簡易、流程較易掌控和觀察及生產純而無污染之天敵等優點，更能配合自動化操作的生產流程。

捕植蟎對食餌的專一性高低，是聚集反應 (aggregative response) 重要的決定因子。Zhang et al. [67] 及 Zhang and Sanderson [62,63] 指出 *A. andersoni* (broadly polyphagous mite)、*T. occidentalis* Nesbitt (narrowly polyphagous mite) 和 *P. persimilis* (oligophagous mite) 三種捕植蟎對 *T. urticae* 的聚集反應隨食餌專一性程度而增高。Holling [20,21] 以圓盤模型描述捕食者的捕食量和食餌密度間之關係；Royama (1971)[42] 與 Rogers (1972)[40] 提出逢機捕食者公式 (Random predator equation) 或食餌消耗公式 (prey depletion equation) 彌補 Holling's disk equation 模式中未考量食餌消耗虧損 (deplection)。Curry and Feldman (1979)[7] 進而考量個體之攻擊率及處理時間上的變異性，轉換上述公式成隨機模型 (Stochastic model)，致捕植蟎對不同食餌及密度之補食量得以確認。

族群模式測試釋放捕植蟎之適期及釋放量對葉蟎之防治效果，並與化學防治效果比較，期能減少藥劑之使用及完全生物防治葉蟎。依大量飼育捕植蟎類天敵與其釋放效果，進行數量化之探討，其結果將有助大量飼育、田間保育及放大捕植蟎之實際利用。

材料與方法

飼育食餌之準備

浸種及催芽：

將 300 公克 (約 500 顆) 的花豆 (*Phaseolus vulgaris L*) 置於小塑膠籃 (38.5 × 31 × 9 cm) 之籃底，籃格之孔徑為 1 × 0.5 cm。將小塑膠籃放入一長 40 × 35 × 10 公分的大塑膠盆中，注入每分鐘 4.5-6 公升流量的地下水浸泡花豆，經 12-24 小時後將已吸飽水的花豆連同小塑膠籃移置在陰涼處，每日洒水三次保持濕潤避免豆種因乾燥而死亡。24-36 小時後移出經催芽發芽之花豆。

豆苗種植及食餌葉蟎之飼育與收集

從催芽處理後的花豆中挑除患病、未發芽或發芽不完整的豆種，將篩選後的豆種以每 45 顆平均撒於小塑膠籃中，每兩個小塑膠籃為一組、平行置於一長 61.5 ×

42 × 9.5 公分的塑膠儲運箱槽中，利用不銹鋼鐵絲將小塑膠籃架離儲運槽底部 7 公分處，並注入約 10 公升的地下水於其中。調整不銹鋼鐵絲高度使小塑膠籃的底部浸於水中。底部利用螺帽固定兩條 52 公分氣泡條，每日 24 小時供以 3 L/min 的空氣，每日洒水三次避免未浸到水的花豆乾枯而死亡。

待花豆第一對眞葉展開後，接種 3 株具二點葉蟎之豆株，每株約含 3,000 隻二點葉蟎。於接蟲後 (10-14 天) 及待花豆豆葉邊緣已有少量葉蟎聚集成球時，進行沖洗及收集葉蟎。

沖洗、收集及冷藏食餌葉蟎

利用強力水柱將葉上的二點葉蟎沖下，沖出物及葉蟎經過三層篩網，其孔徑分別爲 0.25 、 0.149 、 0.088 mm ，將葉蟎分篩爲卵和幼蟎 (以下簡稱爲 E+L) 以及成蟎和若蟎 (以下簡稱爲 A+N) 。再利用微量的水柱分別將篩下的 E+L 及 A+N 從篩網中沖下，並置於兩層紙巾上陰乾。經 20-30 分鐘，待紙巾完全陰乾後利用刷蟎機將紙上的 E+L 及 A+N 分別刷下，葉蟎分別包封於包藥紙及夾鏈袋中，並冷藏於 4 °C下。所獲葉蟎做爲捕植蟎的食餌，部分 A+N 則做爲接蟲蟲源，重新接回新的花豆植株上，供繼續繁殖。

飼育載台之準備

置一塊長 20 × 10 × 4 公分的吸水海綿於 22 × 13 × 7 公分的塑膠盒內，注水入盒內至海綿頂面下 0.5 公分處，其上放置一塑膠板周圍 1 公分的邊緣圍上兩層吸水紙，吸水紙一端浸入水中以保持吸水紙的濕潤。該等設置除了可供應捕植蟎飲水來源外，另可作爲防止捕植蟎逃跑的第一層壕溝。另外塑膠盒壁與海綿間的水渠可做爲防止捕植蟎逃跑的第二層防禦線，每日應補充水份保持水位在海綿下 0.5 公分以上，此種設置以下簡稱飼育載台。

試驗用捕植蟎之準備

由苗栗縣大湖鄉及卓蘭鎮採得溫氏捕植蟎蟲源，經純化後在 27 ± 1 °C， 75 ± 10 % RH 及 13L:11D 的走入式恆溫箱中飼育兩代以上成爲試驗母族群。從母族群中利用 00 號白圭毛筆將 30 隻混合齡期之捕植蟎若蟎和幼蟎爲一組，挑入一已放置充足 E+L 食餌的飼育載台中，每日再補充少許食餌。食餌充足與否可自觀察飼育載台四周是否有游走的捕植蟎予以判斷，並隨時補充食餌。每日觀察並將剛蛻皮的一日齡雌捕植蟎成蟎挑入另一個已放置充足 E+L 食餌的飼育載台中，兩日後將雌成蟎挑起放入一乾淨的飼育載台中，經 24 小時後得到飢餓 1 日的 4 日齡雌成蟎 (以下簡稱 4D 捕植蟎) ，以供試驗之用。

溫氏捕植蟎之功能反應

將二點葉蟎雌成蟎用白圭毛筆挑入已備妥的試驗載台上，所挑入的二點葉蟎雌成蟎則依試驗所需的葉蟎卵數而做調整，葉蟎雌成蟎經六小時產卵後，以白圭毛筆挑除該等葉蟎雌成蟎及多餘之卵，此種裝置以下簡稱接卵載台。

接卵載台內的卵數經挑除及調整其密度，令每載台葉蟎卵數分別爲 2 、 4 、 8 、 16 、 32 、 48 、 64 卵 / 載台，再挑入一隻 4D 捕植蟎，每處理組重複 10 次以上，置於溫度 27 ± 1 °C，濕度 75 ± 5% RH 及 13D:11L 之生長箱中進行測試。經 24 小時後觀察記錄各捕植蟎在不同葉蟎卵密度載台的捕食量和產卵量。於觀察時若捕植蟎已不在其上則以逃跑記錄之，並判定該重複試驗失敗，並另補做此重複組試驗，令各測試組重複數達 10 重複爲止。

給餌量對溫氏捕植蟎族群密度之影響

溫氏捕植蟎在 27 ± 1 °C， 70-90 % RH ， 13L ： 11D 的走入型生長箱中飼育兩代以上，再經放大飼育後作爲試驗的母族群。自母族群中挑出 400-500 隻已交配過的雌成蟎於 " 飼育台 " 上產卵一天後，將雌成蟎挑走，待 " 飼育台 " 上捕植蟎發育至 3-5 日齡成蟎時，作爲本試驗之材料。

供餌量

" 飼育台 " 上每日投以二點葉蟎卵-幼蟎 (E ＋ L) 0.01 g (1576.2 ± 287.8 粒)，再移入 10 隻 3-5 日齡之雌成蟎。於第 3 、 7 、 11 、 15 、 19 、 23 、 27 、 31 天在解剖顯微鏡下觀察計算 5" 飼育台 " 上捕植蟎各齡期的數量。有鑑於捕植蟎各期及卵常躲藏於投入之食餌及其屍體下，觀察時須破壞飼育台上捕植蟎棲所及挑離已記數之捕植蟎方能精確計算其數量。

迴歸分析方法

捕植蟎族群於各處理下各齡期數量與時間之關係，依直線模式 ($Y=b_0+b_1X$) 、 Sigmoid 模式 ($Y=b_0/(1+b_1*\exp(-b_2*X))$) 及圓盤模式 ($Y=b_0*X/(1+b_0*b_1*X)$(以下簡稱爲第二型公式)，利用 proc reg 及 proc nlin 擬合最適回歸方程式及計算公式中之個別參數 (b_0 、 b_1 、 b_2) 。不同處理下捕植蟎密度間之比較，則採用 t-test 及 ANOVA 分析其差異情形。

捕植蟎收獲及釋放：

溫氏捕植蟎自飼育載台上以吸蟎器吸起及置入壓克力瓶內 (直徑 4 cm X 高 6 cm) ，封上塑膠蓋，攜至田間。釋放捕植蟎時，將塑膠封蓋換成具 6-8 孔 (每孔直徑 1-1.5 mm) 的蓋頂，以利直接將捕植蟎均勻撒播於草莓植株。溫氏捕植蟎於

2000 年與 2003 年分別於苗栗縣大湖鄉選定四區獨立草莓田及兩棟塑膠布頂的設施網室內釋放，依不同管理方法區分為：1. 綜合防治區，2. 生物防治區，3. 設施網室生物防治區。

1. 綜合防治區：依農友防治葉蟎方式，每週噴施殺蟲劑，殺蟎劑及殺菌劑，該化學防治區面積約 3.3 分地以下簡稱為 W2 區；另擇不相鄰，但相同管理方法及同一農友擁有之 3.4 分地草莓園釋放 7,000 隻溫氏捕植蟎（約 21,500 隻 / 公頃）之測試區，以下簡稱為 W1 。本區於天敵釋放後不再施噴殺蟲劑及殺蟎劑，殺菌劑減量施用。

2. 生物防治區：於苗栗區農業改良場大湖工作站內選 2 分地草莓園 (C1) 釋放 6,500 隻溫氏捕植蟎（約 35,000 隻 / 公頃）；另於場區內擇草莓園一分地作為未釋放天敵之對照區 (C2) 。生物防治區（釋放及未釋放天敵區）內皆不施用殺蟲劑、殺蟎劑及殺菌劑。

3. 設施網室草莓葉蟎之生物防治區：於苗栗區農業改良場大湖工作站內擇二棟每棟 0.25 分地之設施網室，於其中一棟釋放 1,000 隻捕植蟎（約 21,000 隻 / 公頃），該棟天敵釋放區以下簡稱為 T1 ；另一棟為比較對照的未釋放天敵區 (T2) 。網室內不施用殺蟲、殺蟎及殺菌劑。

葉蟎及捕植蟎密度調查及資料檔之建立：

2000-2001 年：捕植蟎及葉蟎之密度取樣調查係自釋放捕植蟎之當日（ 12 月 20 日）及釋放後每二週逢機取樣一次，至草莓收成（約 2001 年 3 月 14 日或 12-14 週）止，共調查 6-7 次。每次於 W1 、 W2 、 C1 及 C2 區逢機採樣 20 片複葉，於 T1 及 T2 區逢機採樣 40 片之中央單小葉，攜回實驗室於顯微鏡 (10 X) 下，計算及紀錄葉蟎與捕植蟎各期之蟎數。

2002-2003 年：捕植蟎及葉蟎之密度取樣調查係自釋放捕植蟎之當日（ 12 月 20 日）及釋放後每週逢機取樣一次，至草莓收成（ 2003 年 3 月 27 日）止。每次於逢機採樣 50 片複葉，攜回實驗室以刷蟎機刷下，於顯微鏡 (10 X) 下，計算及紀錄葉蟎與捕植蟎各期之蟎數。

將田間獲得之資料依取樣日期、各試驗設計區及葉蟎卵數、幼蟎數、若蟎數、雌成蟎數及雄成蟎數，捕植蟎卵數、幼蟎數、若蟎數、雌成蟎數及捕植蟎雄成蟎數等欄位輸入資料庫中，供分析之用。天敵釋放區與對照區之葉蟎與捕植蟎密度變動資料依取樣時間，逐一進行檢定，以了解管理方式與釋放天敵對葉蟎密度之影響及防治期。

結果

人工載台大小及每日供餌量之評估

1. 捕食率、捕食潛能—評估載台大小及供餌量

溫氏捕植蟎於 1 × 4 cm² 、2 × 8 cm² 、3 × 12 cm² 和 5 × 15 cm² 長方形試驗載台上捕食二點葉蟎卵的捕食率隨食餌密度增加而升高（表一），並於食餌密度 10 ~ 12 prey/arena，達到最高，其捕食率曲線之迴歸方程式如圖一。依所獲迴歸方程式推估溫氏捕植蟎於長方形試驗載台 1 × 4 cm² 、2 × 8 cm² 、3 × 12 cm² 和 5 × 15 cm² 上的最高捕食潛能值依次為 10.753，9.410，8.975，9.494。其中以 1 × 4 cm² 載台為最高，2 × 8 cm² 試驗載台為最低。2 × 8 cm² 和 3 × 12 cm² 捕食率曲線相當地接近，5 × 15 cm² 的捕食率曲線不同於其他長方形載台的捕食率曲線：在未到達捕食率曲線高原前，於食餌密度 2-4 prey/arena 時，溫氏捕植蟎於 5 × 15 cm² 載台的捕食率較其他長方形載台為高，而後在食餌密度 8-16 prey/arena 時，溫氏捕植蟎捕食率則反而較低。溫氏捕植蟎於長方形試驗載台上處理時

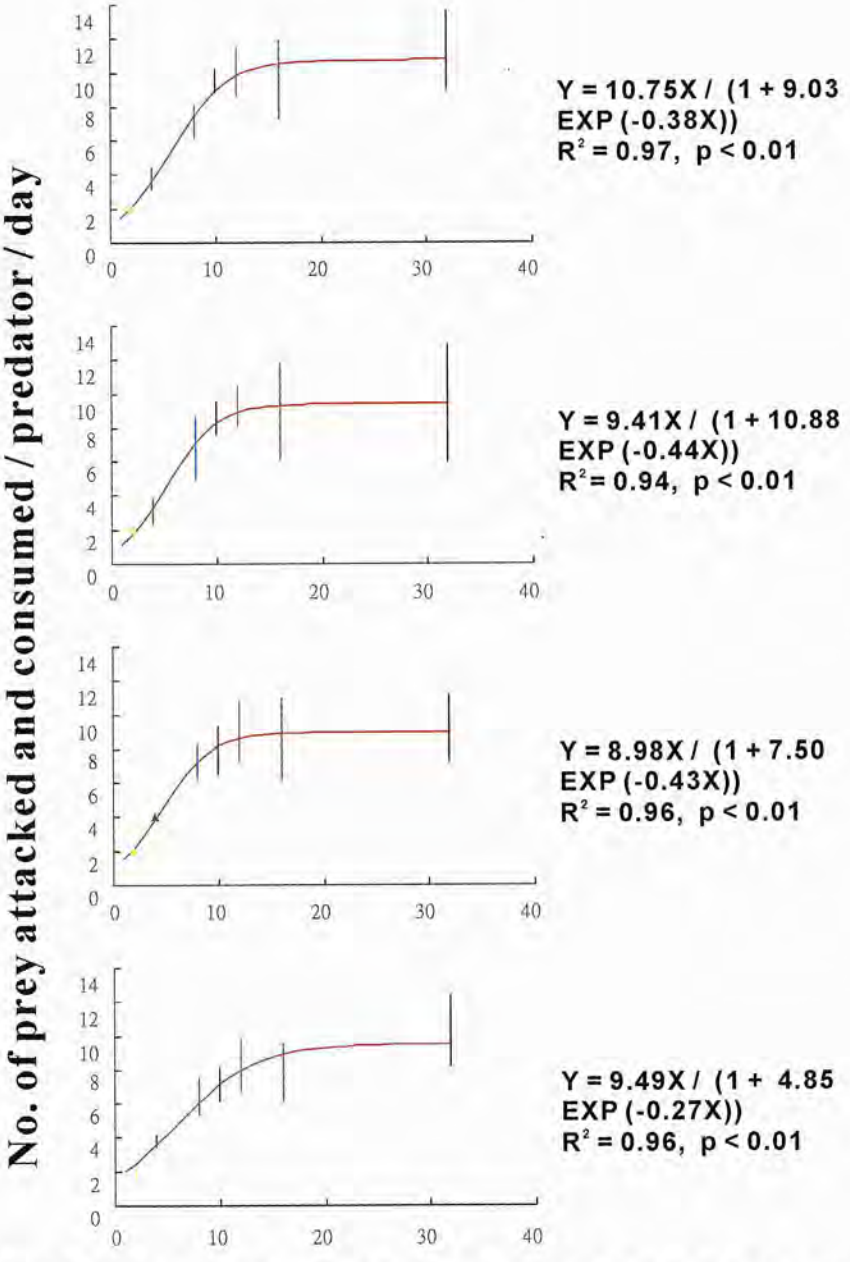
表一、溫氏捕植蟎在不同面積之長方形塑膠載台上產卵率受二點葉蟎卵密度之影響

Table 1. Influences of prey densities on daily reproduction rates of *Amblyseius womersleyi* feeding on *Tetranychus urticae* at different sizes of rectangular polyethylene arenas

Daily reproduction rates (No. eggs / predator / day) [1]and universes

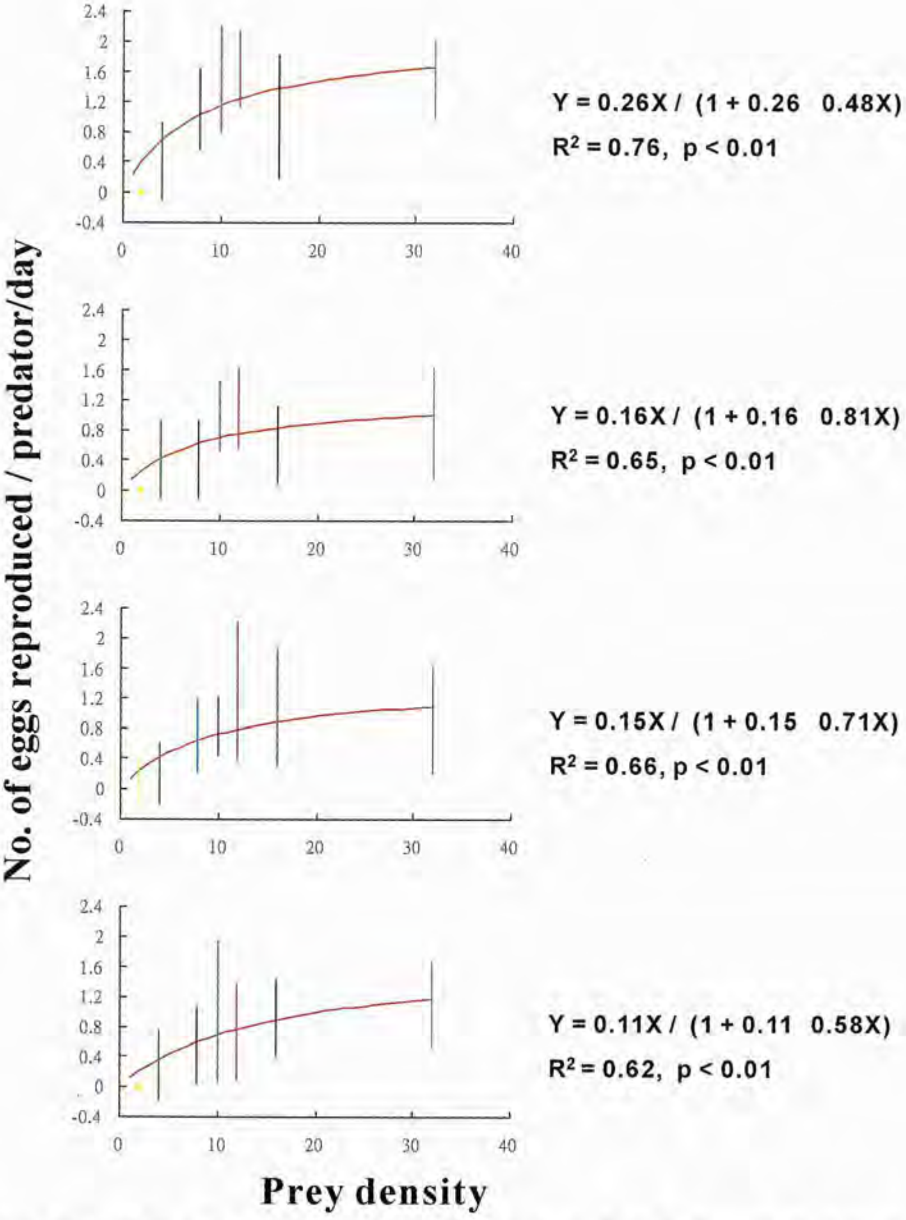
Prey density	1x4 cm²		2x8 cm²		3x12 cm²		5x15 cm²	
	N	mean	N	mean	N	mean	N	mean
2	10	0 (0)[a]	10	0 (0)[a]	11	0.1 (0.30)[a]	12	0 (0)[a]
4	10	0.4 (0.52)[a]	10	0.4 (0.52)[a]	10	0.2 (0.42)[a]	14	0.3 (0.47)[ab]
8	10	1.2 (0.63)[b]	10	0.4 (0.52)[ac]	10	0.7 (0.48)[b]	11	0.6 (0.52)[bc]
10	10	1.5 (0.71)[b]	10	1.0 (0.47)[d]	12	0.8 (0.39)[b]	10	1.0 (0.94)[cd]
12	11	1.6 (0.50)[b]	11	1.1 (0.54)[d]	10	0.8 (0.42)[b]	11	0.7 (0.65)[bd]
16	10	1.0 (0.82)[b]	10	0.6 (0.52)[cde]	12	1.1 (0.79)[b]	12	0.9 (0.51)[c]
32	10	1.5 (0.53)[b]	10	0.9 (0.74)[de]	11	0.9 (0.7)[b]	10	1.1 (0.57)[d]

Means followed by the same letter are not significantly different according to the Least Significant Different test at $p = 0.05$ level



圖一、溫氏捕植蟎在不同面積之長方形塑膠載台上捕食率受二點葉蟎卵密度之影響

Fig. 1. Influences of prey densities on daily predation rates of *Amblyseius womersleyi* feeding on *Tetranychus urticae* eggs on different sizes of rectangular polyethylene arenas



圖二、溫氏捕植蟎在不同面積之長方形塑膠載台上產卵率受二點葉蟎卵密度之影響

Fig. 2. Influences of prey densities on daily reproduction rates of *Amblyseius womersleyi* feeding on *Tetranychus urticae* eggs on different sizes of rectangular polyethylene arenas

間 (Th) 在 0.093-0.111 之間，瞬間攻擊率 (a) 落在 0.271-0.439 之間（圖二）。處理時間之最高值出現在 312 cm^2 載台，最低值出現在 1 × 4 cm^2 載台。攻擊率之最高值出現在 2 × 8 cm^2 載台，最低值出現在 5 × 15 cm^2 載台。溫氏捕植螨於 1 × 4 cm^2 試驗載台的處理時間 (0.093) 顯著低於其他長方形載台 (p=0.1)。溫氏捕植螨於 5 × 15 cm^2 試驗載台的瞬間捕食攻擊率 (0.271) 顯著低於其他長方形載台 (p=0.1)。

2. 每日捕食量對產卵量之轉換效率

溫氏捕植螨捕食不同二點葉螨卵密度的每日產卵率間的差異並不顯著（表二）。

表二、溫氏捕植蟎在不同面積之長方形塑膠載台上產卵率受二點葉蟎卵密度之影響

Table 2. Influences of prey densities on daily reproduction rates of *Amblyseius womersleyi* feeding on *Tetranychus urticae* at different sizes of rectangular polyethylene arenas

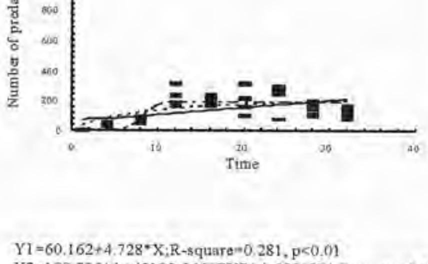
Daily reproduction rates (No. eggs consumed / predator / day) [1]and universes

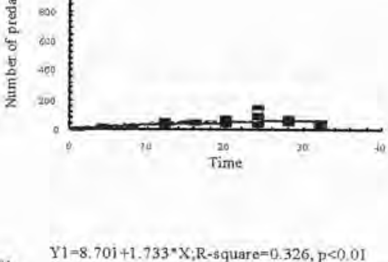
Prey density	1×4 cm^2		2×8 cm^2		3×12 cm^2		5×15 cm^2	
	N	mean	N	mean	N	mean	N	mean
2	10	0 (0)[a]	10	0 (0)[a]	11	0.1 (0.30)[a]	12	0 (0)[a]
4	10	0.4 (0.52)[a]	10	0.4 (0.52)[a]	10	0.2 (0.42)[a]	14	0.3 (0.47)[ab]
8	10	1.2 (0.63)[b]	10	0.4 (0.52)[ac]	10	0.7 (0.48)[b]	11	0.6 (0.52)[bc]
10	10	1.5 (0.71)[b]	10	1.0 (0.47)[d]	12	0.8 (0.39)[b]	10	1.0 (0.94)[cd]
12	11	1.6 (0.50)[b]	11	1.1 (0.54)[d]	10	0.8 (0.42)[b]	11	0.7 (0.65)[bd]
16	10	1.0 (0.82)[b]	10	0.6 (0.52)[cde]	12	1.1 (0.79)[b]	12	0.9 (0.51)[c]
32	10	1.5 (0.53)[b]	10	0.9 (0.74)[de]	11	0.9 (0.7)[b]	10	1.1 (0.57)[d]

Means followed by the same letter are not significantly different according to the Least Significant Different test at p = 0.05 level

依圓盤模式 $r_0=(b_0 \times N)/(1+b_0 \times b_1 \times N)$[21] 及擬合迴歸方程式得溫氏捕植螨捕食不同二點葉螨卵密度 (N) 時的每日每雌產卵量 (r_0)（圖三）與溫氏捕植螨產卵潛能 ($1/b_1$：每日最高產卵量）。產卵潛能與捕食潛能 (T_t/T_h：最高捕食量）之比值 [$(1/b_1)/(T_t/T_h)$] 用以表示捕植螨在食餌充足條件下每消耗一隻食餌個體所轉換至產卵量的轉換效率（以下簡稱轉換效率）（表三）。長方形載台 (1 × 4 cm^2、2 × 8cm^2、3 × 12 cm^2 和 5 × 15 cm^2) 中以 1 × 4 cm^2 載台的轉換效率最高 ($1/b_1$=2.065；$(1/b_1)/(1/T_h)$=0.192)，2 × 8 cm^2 載台上最低 ($1/b_1$=1.241；$(1/b_1)/(1/T_h)$=0.132)。

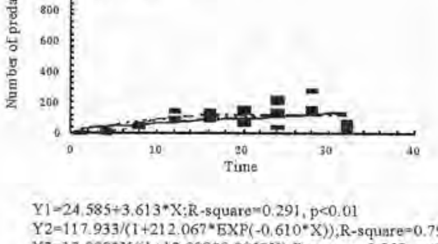
二點葉螨卵-幼螨不同給餌量對溫氏捕植族群增殖量之關係一評估每日供餌量

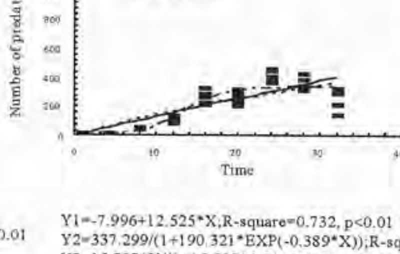




Y1=60.162+4.728*X;R-square=0.281, p<0.01
Y2=188.775/(1+47182.566*EXP(-1.283*X));Rsquare=0.889, p<0.01
Y3=28.883*X/(1+28.883*0.004*X);R-square=0.840, p<0.01

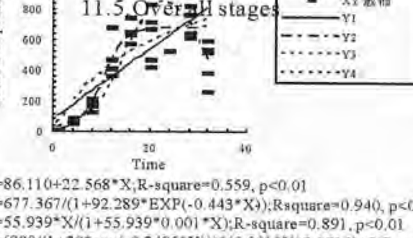
Y1=8.701+1.733*X;R-square=0.326, p<0.01
Y2=54.894/(1+59.642*EXP(-0.401*X));R-square=0.778, p<0.01
Y3=4.865*X/(1+4.865*0.011*X);R-square=0750, p<0.01





Y1=24.585+3.613*X;R-square=0.291, p<0.01
Y2=117.933/(1+212.067*EXP(-0.610*X));R-square=0.793, p<0.01
Y3=13.008*X/(1+13.008*0.005*X);R-square=0.758, p<0.01

Y1=-7.996+12.525*X;R-square=0.732, p<0.01
Y2=337.299/(1+190.321*EXP(-0.389*X));R-square=0.949, p<0.01
Y3=15.787*X/(1+15.787*0.000*X);R-square=0.906, p<0.01



Y1=86.110+22.568*X;R-square=0.559, p<0.01
Y2=677.367/(1+92.289*EXP(-0.443*X));Rsquare=0.940, p<0.01
Y3=55.939*X/(1+55.939*0.001*X);R-square=0.891, p<0.01
Y4=(800/(1+70*exp(-0.2495*X)))*(0.001*X^2.0915)+2)R-square=0.945, p<0.01

圖三、每天餵食二點葉蟎卵及幼蟎 0.01 克之捕植蟎族群各齡期密度與時間之迴歸線

Fig 3. The fitted regression equations of the population growth of *A. womersleri* (Y) feeding daily on 0.01 g eggs-larvae of *T. urticae*

表三、溫氏捕植蟎於不同形狀及面積載台上之理論最高生殖率、食餌處理時間及最大食餌-產卵轉換率

Table 3. Maximum food-productive exchange rates of *Amblyseius womersleyi* feeding on *Tetranychus urticae* eggs at different sizes of rearing universes

Universe[2]	b_1 [(1)]	b_0 [(2)]	Max. food-reproductive exchang rate $(1/b_1)/(b_0)$
2 × 2 cm^2-1	0.524	0.084	0.161
2 × 2 cm^2-2	0.620	0.097	0.157
4 × 4 cm^2	0.649	0.094	0.145
6 × 6 cm^2	0.476	0.096	0.201
1 × 4 cm^2	0.484	0.083	0.192
2 × 8 cm^2	0.806	0.106	0.132
3 × 12 cm^2	0.706	0.111	0.158
5 × 15 cm^2	0.577	0.105	0.183
Dia. 2cm	0.313	0.078	0.249
Dia. 3cm	0.478	0.094	0.197
Dia. 4cm	0.705	0.104	0.147
Dia. 7cm	0.499	0.101	0.203
Dia. 10cm	0.799	0.116	0.145

表四、於不同二點葉蟎卵及幼蟎食餌量下，溫氏捕植蟎之族群數量變化

Table 4. Population growth of stage specific *A. womersleri* with different daily-food-volume supplies of eggs and larvae (EL) of *T. uricae*

Days after rearing	N	No. of predators per 15x15cm PE-tilt-arena (mean (SD))[1]									
		Eggs		Larvae		Nymphs		Adults		Total	
		0.01	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005
3	5	37.6 (7.3)	48.8 (12.4)	12.0 (6.7)	14.8 (12.4)	9.4 (4.6)	8.8 (1.9)	8.4 (0.5)	9.2 (1.8)	67.4 (15.9)	81.6 (17.4)
7	5	67.4 (18.2)	58.6 (7.5)	10.2 (6.7)	19.0*(2.5)	44.0 (9.6)	54.2 (3.8)	53.2 (4.9)	40.2*(5.0)	174.8 (28.8)	174.0 (13.1)
11	5	216.4 (60.8)	138.6 (75.5)	41.2 (15.7)	28.4 (6.3)	103.8 (26.9)	74.6 (13.5)	103.0 (22.1)	77.2*(9.4)	464.4 (120.2)	318.6 (98.3)
15	5	208.8 (26.5)	112.8*(38.8)	47.6 (6.6)	74.6 (25.0)	122.0 (22.7)	199.4*(11.8)	265.4 (47.1)	178.8*(17.0)	643.8 (57.3)	565.6 (52.2)
19	5	198.4 (80.0)	62.8*(25.2)	43.4 (21.7)	17.6 (6.8)	104.0 (46.2)	86.2 (10.9)	265.0 (44.6)	150.8*(26.1)	616.4 (172.2)	315.6*(52.0)
23	5	224.8 (85.7)	96.0*(36.5)	90.0 (41.2)	21.0*(5.7)	146.4 (73.8)	72.8 (14.8)	413.8 (36.2)	157.2*(6.8)	873.4 (204.9)	345.0*(57.5)

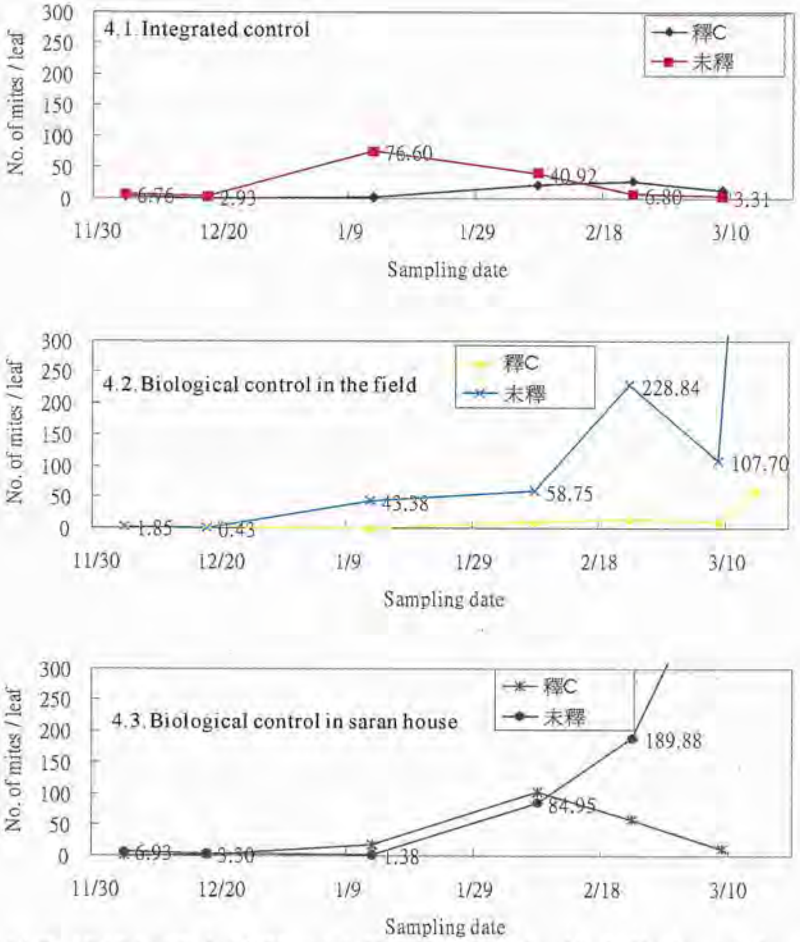
1. Means in the same row of same stage or total numbers followed with an asterisk are significantly different by student t- test at p=0.05.

每天分別餵食 0.01 g 及 0.005 g 二點葉蟎 E+L 之捕植蟎族群增殖量於第 3 天時不論卵數、幼蟎數、若蟎數、成蟎數及總數間皆無差異（表四），於第 7 天僅有幼蟎及成蟎數間差異顯著，於第 11 天時亦僅成蟎數間差異顯著，於第 15 天時每天餵食 E+L 0.01 g 之捕植蟎族群卵數、若蟎數及成蟎數間顯著高於每天餵食 E+L 0.005 g，於第 19 天時每天餵食 E+L 0.01 g 之捕植蟎族群卵數、成蟎數及總蟎數顯著高於每天餵食 E+L 0.005 g，於第 23 天時除若蟎外，其他捕植蟎族群各齡期

及總蟎數以每天餵食 E+L 0.01 g 之捕植蟎族群較高。該等結果顯示溫氏捕植蟎在 0.005 g 之每日給餌量下，於 15-19 飼育天數之前，族群之增殖尚在正常及高增殖率狀況，但於 19-23 日，因高成蟎密度及高取食量，令每日 0.005 g 給餌量不足，終於使其總蟎數低於 0.01 給餌量組，且卵及成蟎數亦顯著低於 0.01 g 給餌組（表四）。每日捕食 0.01 g E+L 之捕植蟎於第 15-23 日均呈增殖之族群，其族群密度最高達每載台 873 ± 104.9 隻捕植蟎。

溫氏捕植蟎族群增殖量之數量反應

假設該捕植蟎之族群密度 (Y) 變化為飼育時間 (X) 之依變因子。經迴歸分析溫氏捕植蟎族群各齡期及總密度值對飼育時間之資料，獲迴歸方程式（圖四），各處



圖四、釋放溫氏捕植蟎後之草莓二點葉蟎密度 4.1. 綜合防治；4.2. 田間生物防治；4.3. 網室生物防治

Fig. 4. Population densities of *Tetranychus urticae* after releases of *Amblyseius womersleyi*. 4.1. Integrated control, 4.2. Biological control without chemical spray, 4.3. Biological control in saran house without chemical spray.

理組之捕植蟎族群總數與時間之關係列於表五。擬合 Sigmoid 及 disk models 所獲的迴歸方程式的 R-square (0.857-0.966) 及 p-values (p<0.001) 均高於直線迴歸方程式之 R-square 及 p-values。顯示 Sigmoid 型及 Disc 模式較直線模式更能完整描述捕植蟎族群的增長。

表五、餵食不同二點葉蟎食餌齡期、食餌量及給餌時間間隔之溫氏捕植蟎族群總數對飼育時間之回歸分析

Table 5. Regression analyses of population densities of *A. womersleyi* (Y) on the rearing period (day, x) under different prey stages, volumes and feeding-interval of food supplies

Food supply						
Stage	Volume (gm)	Feeding interval (days)	Regression models	Regression equation	R^2	P-value
	0.01	1	linear	Y1=86.11+22.57*X	0.559	≤0.15
	0.01	1	Sigmoid	Y2=677.37/(1+92.29*EXP(-0.44*X))	0.940	<0.001
	0.01	1	disc equation	Y3=55.94*X/(1+55.94*0.001*X)	0.891	<0.001
	0.01	1	modified sigmoid	Y4=800/((1+70*exp(-0.25*X))*(-0.001*X^2.09)+2)	0.945	<0.001
	0.005	1	linear	Y1=39.50+17.71*X	0.600	≤0.25
	0.005	1	Sigmoid	Y2=401.56/(1+51.11*EXP(-0.48*X))	0.917	<0.001
	0.005	1	disc equation	Y3=42.35*X/(1+42.35*0.001*X)	0.882	<0.001

捕植蟎田間釋放結果

草莓在大湖地區於每年 9 月底至 10 月定植入本田，於 11 月中旬起 15 天內爲第一期盛花期，12 月中旬爲第一期漿果收穫期。葉蟎於定植後二個月內，大湖地區每週尙有局部陣雨，而 2001 年 9 月中旬尙有韋恩颱風所帶的極大雨量，將本田淹沒及沖毀畦壟，致令絕大多數農友於 9 月下旬才再重新整地種植草莓，故 2001-2002 年草莓季的盛花及收果均較往年晚 20-30 天。初期葉蟎的發生密度較往年低及延後約 20-30 天發生。依筆者在草莓調查之葉蟎資料得知，每年二點葉蟎族群於 11 月底至 12 月初侵入草莓園，於次年元月中旬及第三盛花期後開始出現高密度的族群；此後葉蟎密度逐漸增高，影響草莓的產量及品質至鉅。有鑑本試驗初期草莓葉蟎密度低及較往年晚發生或侵入，故延到 12 月 20 日才釋放溫氏捕植蟎入草莓園。

釋放溫氏捕植蟎防治草莓二點葉蟎效果評估

(1) 藥劑防治區 (W2) 及釋放溫氏捕植蟎區 (W1) 防治二點葉蟎效果評估：一般

藥劑防治區 (W2) 的人工管理（鋤草，施肥，荷爾蒙的施用，殺蟲劑及殺菌劑的噴施等）頻繁，幾乎每週均噴施殺菌劑一次或於雨後再加施殺菌劑一次，另於每盛花初期噴施荷爾蒙及每 2-3 週人工摘除老葉。於元月以後，草莓生產期共施用殺蟲、殺蟎劑五次，主要防治葉蟎外，另防治鱗翅目夜蛾科的幼蟲及草莓生產栽培後期（三月以後）的薊馬類。藥劑防治之天敵釋放區 (W1) 於天敵釋放前每週噴施殺蟲劑、殺蟎劑及殺菌劑，於天敵釋放後不再噴施殺蟲劑及殺蟎劑，但殺菌劑則於每盛花期草莓採收後施用一次。W1 區內葉蟎族群的六週平均密度 (10.86 ± 11.57) 低於藥劑施用之對照組 (22.21 ± 30.51)，但差異不顯著（表六）。於 1 月 11 月及 2 月 2 日（溫氏捕植蟎釋放後第 5 及 8 週）未釋放區之密度分別達 76.60 ± 17.21 及 40.92 ± 11.70 葉蟎 / 葉，顯著高於溫氏捕植蟎釋放區 (1.05 ± 2.17；20.85 ± 7.94)。

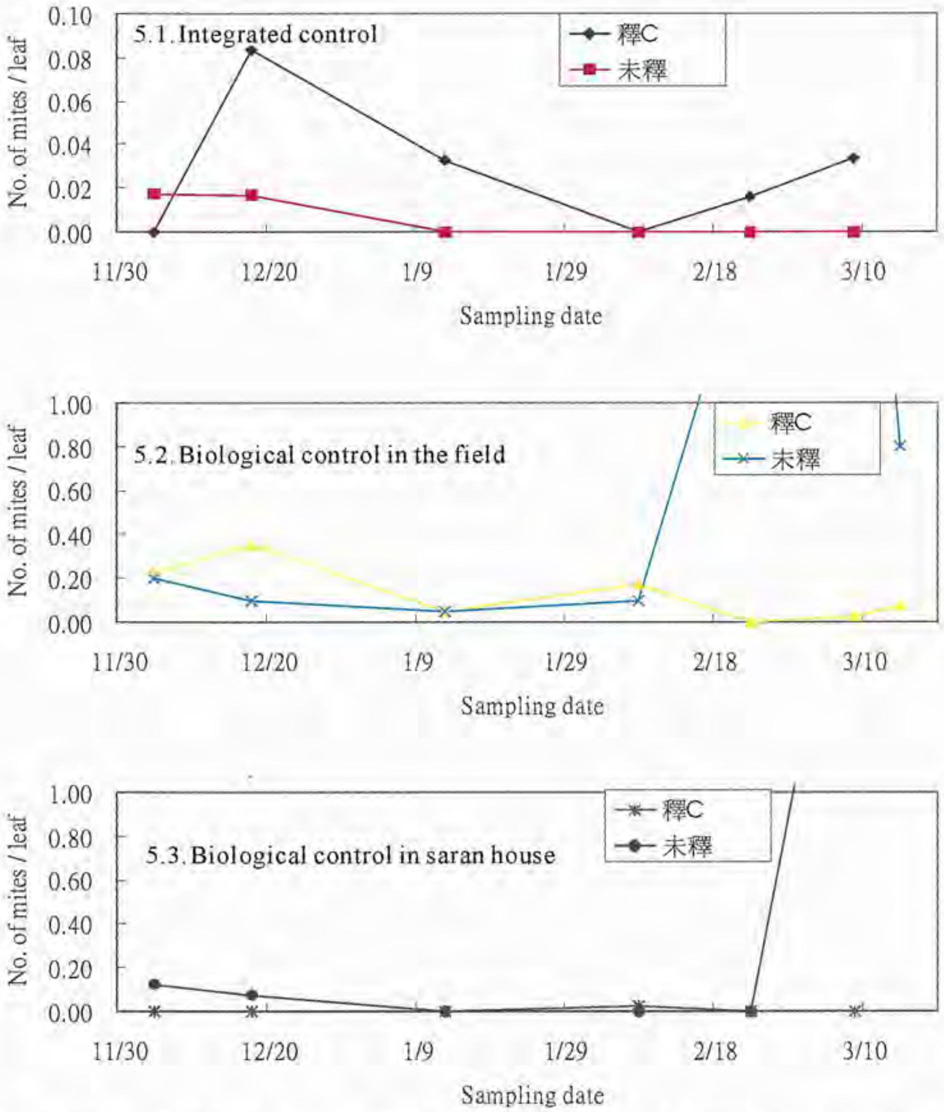
表六、生物防治、化學防治及綜合防治區內釋放溫氏捕植蟎對草莓捕植蟎密度之影響

管理栽培方式	N	葉蟎總平均密度 (蟎/複葉)[1,2] mean (SD)		溫氏捕植蟎總平均密度 (蟎/複葉)[1,2] mean (SD)	
1.一般藥劑防治區					
捕植蟎釋放區	825	10.86 (11.57)	A	0.0277 (0.0311) NS	B
未釋放區	825	22.21 (30.51) NS	b	0.0057 (0.0088)	b
2.生物防治區					
捕植蟎釋放區	576	13.82 (21.68)	A	0.1286 (0.1270)*	A
未釋放區	576	193.29 (326.5) *	a	0.8975 (1.2103)	a
3. 設施網室生物防治區					
捕植蟎釋放區	600	32.02 (40.70)	B	0.0042 (0.0102)	B
未釋放區	600	130.05 (192.75)*	a	0.4412 (0.7842) NS	b
Overall mean		67.04			

1.平均蟎數後有相同大寫或小寫字母表示相對處理間依 Tukey's student range 法檢定結果差異不顯著(p = 0.05)
2.平均數後有 NS 或〝*〞表示相同管理方法下、有或未釋放捕植蟎區間依 t – test (p = 0.05)檢定結果差異不現顯著或顯著。

釋放區溫氏捕植蟎總平均密度 (0.0277 ± 0.0311) 高於未釋放區 (0.0057 ± 0.0088)（表六）。每週噴施殺蟲劑、殺蟎劑及殺菌劑等，會影響溫氏捕植蟎族群；若僅噴施殺菌劑則不影響溫氏捕植蟎族群之增值及存活於草莓園；釋放之溫氏捕植蟎更不因殺菌劑之使用而滅絕（圖五）。

釋放天敵密度為每公頃 2.5 萬隻，另尋一不相鄰但相同管理法的對照區草莓田。W 區草莓園的人工管理頻繁且藥劑的噴灑次數多，每次雨後均會加噴殺菌



圖五、草莓溫氏捕植蟎密度 5.1. 綜合防治；5.2. 田間生物防治；5.3. 網室生物防治

Fig. 5. Population densities of *Amblyseius womersleyi*. 5.1. Integrated control; 5.2. Biological control without chemical spray; 5.3. Biological control in saran house without chemical spray.

劑。天敵釋放區 (W1) 葉蟎的族群增長被天敵抑制有效期間約達一個月，然後才看到葉蟎族群開始升高（圖五）。相對於對照區相比葉蟎族群直到第四周後，釋放區之葉蟎密度仍低於對照區。對照區因為經常施用殺菌劑、殺蟲劑與殺蟎劑，捕植蟎密度極低（圖二）。雖然捕植蟎族群因高頻度藥劑施用，其密度顯著降低。該兩區葉蟎族群密度間仍可看出其差異性。於釋放第六周後因為接近收穫期，農民堅持進

行定期噴施各種藥劑故葉蟎與捕植蟎族群密度都下降，即使如此第八週與第十週天敵釋放區之葉蟎密度仍低於未釋放區，且農民施藥次數也由八次減爲五次，減少了 37.5 % 的施藥次數。

(2) 生物防治區釋放溫室捕植蟎防治草莓二點葉蟎效果評估：無藥劑噴施之生物防治區草莓園（ 0.326 公頃）釋放 7,000 隻溫氏捕植蟎後，天敵釋放區的葉蟎總平均密度爲 13.82 ± 21.68 隻 / 複葉及捕植蟎平均密度爲 0.1286 ± 0.1270 隻 / 複葉（表六）。於完全無藥劑施用及天敵釋放區的葉蟎總平均數高達 193.29 ± 326.5 隻 / 複葉，捕植蟎密度亦高達 0.8975 ± 1.2130 隻 / 複葉。天敵釋放二週以後，葉蟎密低遠低於未釋放區（圖五），並且未釋放區葉蟎密度自第 2-4 週起即急速增高（圖五），並於草莓栽培中後期（ 2002 年 1-3 月）葉蟎族群均維持於極高的密度，甚至在後期葉蟎總數高於六試驗區總平均葉蟎數（ 67.04 隻 / 複葉）（表六）。C1 釋放天敵密度爲每公頃 3.5 萬隻， C2 爲未釋放天敵之對照區。天敵釋放區 (C1) 的葉蟎族群密度均低於對照區 (C2) ， C2 區的葉蟎族群高密度發生的時間也較早（圖一）。C 區較 W 區少噴施藥劑，天敵存活的機率也較高，天敵釋放區之葉蟎密度低於未釋放區，且直到釋放三月後之第十二週葉蟎密度才超過每葉 50 隻，未釋放捕植蟎區於第四至六週時就已經達到每葉 50 隻。未釋放區捕植蟎族群密度於第六週後因該區葉蟎密度升高，捕植蟎之密度也隨之升高甚至於第八、十、十二及十四週密度都高過於釋放區（圖五），於第八週葉蟎族群密度已經高達 50 蟎 / 葉以上，其後（第十至十四週）均高於 100 葉蟎 / 葉；故捕植蟎於高密度葉蟎族群發生後，短期內 (4-5 週）低密度之天敵未克及時有效抑制葉蟎族群（圖五）。

(3) 網室栽培區草莓室內釋放溫氏捕植蟎防治二點葉蟎：網室栽培草莓區釋放每公頃 20,000 隻天敵防治二點葉蟎結果如表四。天敵釋放區葉蟎每複葉平均密度 (32.02 ± 40.70 隻 / 複葉），遠低於未釋放天敵組 (130.05 ± 192.75 隻 / 複葉）。網室栽培草莓區因爲釋放密度較低，其捕植蟎族群密度與未釋放區間之差異較小。捕植蟎釋放後，因葉蟎於 2-6 週內之密度極低，故其族群密度亦隨之下降（圖五）。雖然未釋放區與釋放區的葉蟎密度在 2-6 週內無顯著差異，葉蟎與捕植蟎密度於第六週後開始同時上升，但到第八週時未釋放天敵區的葉蟎密度急速增加（圖五），而釋放區在第十週起之葉蟎族群密度下降。顯示在網室栽培方式下，釋放捕植蟎具抑制葉蟎效果，爲達更佳葉蟎防治效果，可於 4-6 週時再增補釋放天敵一次。

討　論

利用功能反應、產卵量與轉換效率決定人工載台大小

大量飼育方法之選擇須考量單位時間、單位給餌量及單位面積下是否能生產最多的標的生物，也要考慮經濟效益，以期在最小空間最少成本的原則下，生產最大量標的生物。

溫氏捕植蟎捕食二點葉蟎卵之產卵潛能與捕食潛能之比值，用以表示捕植蟎在食餌充足條件下每消耗一隻食餌個體所轉換至產卵量的轉換效率（以下簡稱轉換效率）(表三）。長方形載台 (1×4 cm^2、2×8 cm^2、3×12 cm^2 和 5×15 cm^2) 上，1×4 cm^2 載台轉換效率最好，2×8 cm^2 載台上最小（表三）。由溫氏捕植蟎數量、功能反應與轉換效率之結果，利用於大量飼育載台之設計，建議 5×15 cm^2 長方形載台為最佳飼育載台，其原因如下：

1. 最高產卵量和食餌-產卵轉換率之最大值（面積 4 cm^2 以下的載台除外）發生於 5×15 cm^2 載台面積最大。
2. 溫氏捕植蟎捕食二點葉蟎卵之最高捕食潛能 ($1/T_h$) 和瞬間捕食攻擊率 (a)：5×15 cm^2、6×6 cm^2 及直徑 7 cm 載台三者之間的 $1/T_h$ 及 a 差異並不顯著。

利用數量反應評估人工載台上捕植蟎之收獲量與收穫適期

每天餵食葉蟎 E+L 0.005 g 之捕植蟎族群的迴歸分析中以 S 型的 R-square (0.917) 最高，即表示此處理下之捕植蟎族群增長近似於 S 型曲線，若接受捕植蟎族群增長為 S 型曲線，則可由公式的理論基礎知道族群增長的最高量為 b_0，當族群數量為 1/2 b_0 時為族群增殖率的反曲點，在不同之給餌量、投餌時間間隔及食餌種類下，其反曲點代表的意義為：(1)於反曲點出現前之飼育期內，捕植蟎族群以指數增殖率 (Exponential type) 增加其族群豐度，並於反曲點之相對飼育日達到族群最高增殖速率，(2)於反曲點後到族群最高密度間，此時期之捕植蟎之增殖率逐漸減小到出生率與死亡率相等，(3)達族群最高密度區時，捕植蟎之增殖率與族群密度則不再增加。此處理組之族群增長的最高量為 402 隻，族群增殖率的反曲點出現於第 7-8 天間。

每天餵食葉蟎 E+L 0.01 g 之捕植蟎族群的迴歸分析中同樣以 S 型的 R-square (0.940) 為最高，若接受此處理組之捕植蟎族群增長為 S 型曲線，則捕植蟎族群於載台上之平均最高密度為 677 隻，族群增殖率的最大值出現於第 10-11 天間，但此模式無法描述族群達高密度之後族群下降的情形。本研究試著以一修正 S 型的式子

描述此處理之捕植蟎族群數量與時間之關係，其 R-square 值高達 0.945 ，且較 S 型高。接受捕植蟎族群增長如修正 S 型所描述，則捕植蟎族群增長的平均最高量爲 800 隻，族群增殖率的最大值出現於第 13-14 天間。而表四顯示之最大增殖率出現於第 15 天，較接近修正 S 型所推測之最大增殖率出現時間，而且修正 S 型所推測之族群最高量與實際觀察所得之平均最大量（ 873.4 ）接近。在此處理組下修正 S 型較能反映了實際每日餵食二點葉蟎 卵-幼蟎 0.01g 之捕植蟎密度 23 日後之族群豐度或密度降低之現象（圖四）。若修正 S 型成立亦可推測族群最高量維持的時間長短，作爲大量飼育時收穫的參考依據。

生活史之結果顯示溫氏捕植蟎之發育期需 5.25 ± 0.35 日 [30] ，故第三飼育日之成蟎應爲移入 10 隻 3-5 日齡雌成蟎之存活者。 7 日以後觀察調查日之成蟎則多爲所繁殖之後代。每天分別餵食 0.01 g 及 0.005 g 二點葉蟎卵-幼蟎之捕植蟎族群增殖量於第 3 天時不論卵數、幼蟎數、若蟎數、成蟎數及總數間皆無差異（表四），於第 7 天僅有幼蟎及成蟎數間差異顯著，於第 11 天時亦僅成蟎數間差異顯著，於第 15 天時每天餵食二點葉蟎卵-幼蟎 0.01 g 之捕植蟎族群卵數、若蟎數及成蟎數間顯著高於每天餵食二點葉蟎卵-幼蟎 0.005 g ，於第 19 天時每天餵食二點葉蟎卵-幼蟎 0.01 g 之捕植蟎族群卵數、成蟎數及總蟎數間顯著高於每天餵食二點葉蟎卵-幼蟎 0.005 g ，於第 23 天時除若蟎外，其他捕植蟎族群各齡期及總蟎數以每天餵食二點葉蟎卵-幼蟎 0.01 g 之捕植蟎族群較高。該等結果顯示溫氏捕植蟎在 0.005 g 之每日給餌量下，於 15-19 飼育天數之前，族群之增殖尙在正常及高增殖率狀況，但於 19-23 日時，因成蟎密度增高，所以取食量劇增，令每日 0.005 g 給餌量不足供其繁殖增殖之需，終於使其總蟎數低於 0.01 g 給餌量組，且卵及成蟎數極顯著亦低於 0.01 g 給餌組。

一次收穫載台上全部捕植蟎流程而言，每天餵食葉蟎卵-幼蟎 0.01 g 之捕植蟎族群平均可收穫 873.4 隻爲最高。每天餵食葉蟎卵-幼蟎 0.01 g 之捕植蟎族群可收穫之數量較每天餵食葉蟎卵-幼蟎 0.005 g 之捕植蟎族群高，又比每兩天餵食葉蟎卵-幼蟎 0.01 g 之捕植蟎族群高 [30] 。

溫氏捕植蟎族群之增殖率、增殖量及最高族群密度等爲評估大量繁殖溫氏捕植蟎之標準，於 5 × 15 cm^2 載台爲飼育單元，以每日餵食二點葉蟎卵-幼蟎 0.01 g 之方法爲溫氏捕植蟎最佳之飼育法，而 0.005 g 之投餌量能維持較長之捕植蟎族群高原期，提供較長之捕植蟎收穫期，且能收穫得 500 隻捕植蟎，有利於保種及降低飼育成本。

釋放溫氏捕植蟎防治草莓二點葉蟎之效果評估

在生物防治及綜合防治區的天敵釋放下，二點葉蟎族群密度均極顯著低於未釋

放區，但化學防治區則否（表六）。不論在設施網室或田間，溫氏捕植蟎均有效防治二點葉蟎。無殺蟎劑及殺菌劑的使用（生物防治及設施網室生物防治），又無溫氏捕植蟎的釋放時，二點葉蟎密度高達每葉 130-193 隻（表六），其密度遠高於化學防治區（ 22.21 隻 / 葉）。草莓二點葉蟎在每年 1-3 月必需加以防治，否則會嚴重危害草莓葉片，造成嚴重落葉，進而影響產量及品質。田間釋放溫氏捕植蟎區的葉蟎密度顯著低於設施網室生物防治區，此可能因網室內釋放天敵密度（ 21,000 隻 / 公頃）低於田間生物防治區（ 35,000 隻 / 公頃）及在冬季網室內溫度較高，令葉蟎族群密度增殖較快。設施網室生物防治葉蟎時，顯然需要較高的捕植蟎釋放密度。

溫氏捕植蟎釋放的田間密度低於未釋放區（表六），顯然排水渠及 7 公尺的道路上無法隔絕捕植蟎的遷移。圖五顯示葉蟎在未釋放區的密度自第四週起開始增高，於第十週以後達每葉 100 隻以上，因此捕植蟎於十週起密度急昇，影響全期密度（圖五）；反觀天敵釋放區內全期的葉蟎密度極低（圖五），捕植蟎密度在釋放後二週內增高，並維持其族群達六週於草莓園，期後則田間葉蟎密度極低而向外遷移（圖五）。化學防治及天敵釋放區內捕植蟎密度與化學防治區間差異不顯著，並且該二區的密度均遠低於生物防治區（表四）。每週 1-2 次的化學藥劑噴施雖然有效抑制二點葉蟎，但亦造成捕植蟎族群的發生，卻不能完全滅絕溫氏捕植蟎於草莓園。顯然在大湖地區釋放的溫氏捕植蟎於極短的時間內及高殺蟲、殺蟎及殺菌劑的選汰壓力下，可能會發展其抗性，惟此論點尚待進一步研究確認之。

未釋放溫氏捕植蟎試驗區內，捕植蟎均自然存在於草莓園（圖五），於化學防治區則因藥劑之噴施而滅絕（圖五）。初期設施網室隔離機制較佳，葉蟎密度太低而死亡或向外遷離草莓，終於令後期侵入的葉蟎族群，因未施藥及無天敵之抑制而猖獗發生。因此捕植蟎族群進入葉蟎族群發揮抑制作用的時機非常重要，在葉蟎族群尚未大發生前，施用較低密度捕植蟎防治葉蟎，其抑制力與有效防治時期之長短均優於葉蟎大發生後才釋放之效果。

於草莓園中利用及釋放捕植蟎可有效防治葉蟎族群密度。結果顯示釋放捕植蟎可獲約四至六週之有效防治期，雖然在這段時間之後，仍可由天敵釋放區葉蟎族群密度與未釋放區葉蟎族群密度之差異看到釋放天敵之效果，然此時葉蟎密度已經開始上升，故應於 4-6 週時再增補釋放天敵一次。因高密度之葉蟎對草莓之光合作用與蒸散作用發生危害，尤其草莓種植前期之葉蟎危害對草莓之生理影響尤大，甚至降低草莓之大小。因此在種植初期釋放天敵於 4-6 週後再增補釋放天敵，應可獲較佳之防治效果。網室內栽培之草莓在葉蟎入侵初期，需及早施用生物防治入侵之葉蟎。若未立即防治，則葉蟎族群之增殖快速，易造成草莓品質與產量上之損失。

總而言之，釋放溫氏捕植蟎防治草莓二點葉蟎與每週 1-2 次噴施殺蟲、殺蟎及殺菌劑對二點葉蟎族群密度的抑制效果間無差異，並顯著有效降低葉蟎密度達 4 週以上，設施網室內草莓二點葉蟎則需較高的捕植蟎釋放密度。釋放天敵 4 週若捕植蟎密度過低（圖五），則需補充釋放天敵，以防治後期侵入的二點葉蟎族群。草莓二點葉蟎族群於設施網室內增殖較快，密度亦較高，天敵則因較佳隔離機制及葉蟎滅絕而死亡，令後期葉蟎失控猖獗發生。

結　論

溫氏捕植蟎爲本土的捕食性蟎類，生活史短、繁殖率高及具耐水性，能適應本地於冬季清晨結上露水的環境。溫氏捕植蟎之功能反應顯示其捕食量大，隨葉蟎密度依變反應明顯，於田間可反應二點葉蟎之密度變化，提供葉蟎族群的壓制作用。功能反應與食餌轉換效率相關研究結果，提供人工飼育載台設計與投餌量之參數，利用此一資料所設計之人工載台可以於小空間內，行高密度純捕植蟎之繁殖。人工載台上捕植蟎之數量反應掌握其增殖率、捕植蟎之每載台單位產量與收穫適期。變更後之 S 形模式更確切描述捕植蟎於人工載台上之族群變動，由此推知提高飼育後期之投餌量可增加產量。顯然，評估優良天敵之特性，除考量其增殖率外，尚須考量功能反應與數量反應等資料。大湖草莓園田間釋放結果顯示，溫氏捕植蟎具有防治草莓二點葉蟎之效果，每次釋放天敵之有效期長達 4-6 週。天敵於網室與開放式田間具有不同的表現，網室內因爲其與外界隔離之特性，於釋放天敵後，天敵迅速發揮其壓致力，致使二點葉蟎滅絕，進而使天敵本身跟著滅絕，故適時補充釋放方克達防治葉蟎之效。*A. womersley* 天敵能與草莓蟲病害管理所用的殺菌劑相容，即使於高量、高頻度的殺菌劑施用條件下，捕植蟎仍具顯著防治葉蟎效果，顯然溫氏捕植蟎適用於草莓園中綜合防治二點葉蟎。總之，本省產溫氏捕植蟎對草莓葉蟎具防治作用已無庸置疑；本省產之天敵價格廉於國外商品化之捕植蟎，實値得推廣與利用。如何大量繁殖溫氏捕植蟎，以降低生產成本及並提供大面積釋放防治葉蟎，爲今後之重要課題。

參考文獻

1. Ashihara, W., T. Hamamura, and N. Shinkaji. 1978. Feeding, reproduction, and development of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae) on various food substances. Bull. Fruit Tree Res. Stn. Jpn. E2:91-98.

2. Bennison, J. A. and R. Jacobson. 1991. Integrated control of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in UK cucumber crops - evaluation of a controlled release system of introducing *Amblyseius cucumeris*. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 56: 251-258.
3. Bynum, E. D. J., T. L. Archer, and F. W. J. Plapp. 1990. Action of insecticides to spider mites (Acari: Tetranychidae) on corn in the Texas high plains: toxicity, resistance, and synergistic combinations. J. Econ. Entomol. 83: 1236-1242.
4. Chang, H.Y. 1981. Population ecology of Tetranychid mites and their *Amblyseius* predators on mulberry groves. Master Thesis, Dept. Entomol., Natl. Chung-Hsing Univ., Taiwan, 98pp. (in Chinese, with English abstract).
5. Cheyrias, J. M. 1998. A strategy for biological and integrated control of cucumbers in greenhouses in France. [French]. First transnational workshop on biological, integrated and rational control: status and perspectives with regard to regional and European experiences, Lille, France, 21-23 January 1998 21-22.
6. Chiavegato, L. G. and M. M. Mischan. 1981. Damage caused by *Tetranychus (Tetranychus) urticae* (Koch, 1836) Boudreaux & Dosse, 1963 (Acari: Tetranychidae) to strawberry plants (Fragaria sp.) Brazil. Efeito do acaro *Tetranychus (T.) urticae* (Koch, 1836) Boudreaux & Dosse, 1963 (Acari: Tetranychidae) no desenvolvimento vegetativo do morangueiro (Fragaria sp.) cv. Campinas. An. Soc. Entomol. Bras. 10: 73-87.
7. Curry, G. L. and R. M. Feldman. 1979. Stochastic predation model with depletion. Can. Entomol. 111: 465-470.
8. Eveleigh, E. S. and D. A. Chant. 1981a. Experimental studies on acarine predator-prey interactions: the numerical response of immature and adult predators (Acarina: Phytoseiidae). Can. J. Zool. 59: 1407-1418.
9. Eveleigh, E. S. and D. A. Chant. 1981b. The feeding and searching behaviour of two species of phytoseiid mites, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Amblyseius degenerans* (Berlese), at different prey densities (Acarina: Phytoseiidae). Can. J. Zool. 59: 1419-1430.
10. Eveleigh, E. S. and D. A. Chant. 1982a. Experimental studies on acarine predator-prey interactions: the effects of predator density on prey consump-

tion, predator searching efficiency and the functional response to prey density (Acarina: Phytoseiidae). Can. J. Zool. 60: 611-629.

11. Eveleigh, E. S. and D. A. Chant. 1982b. Experimental studies on acarine predator-prey interactions: the effects of predator density on immature survival, adult fecundity and emigration rates, and the numerical response to prey density (Acarina: Phytoseiidae). Can. J. Zool. 60: 630-638.

12. Eveleigh, E. S. and D. A. Chant. 1982c. Experimental studies on acarine predator-prey interactions: distribution of search effort and predation rates of a predator population in a patchy environment (Acarina: Phytoseiidae). Can. J. Zool. 60: 3001-3009.

13. Gauthier, C., C. Trouve, and A. C. Crepin. 1998. Integrated control trial against the yellow mite *Tetranychus urticae* in strawberry cultivation in northern France. [French]. First transnational workshop on biological, integrated and rational control: status and perspectives with regard to regional and European experiences, Lille, France, 21-23 January 1998 25-26.:-26.

14. GimenezFerrer, R. M., W. A. Erb, B. L. Bishop, and J. C. Scheerens. 1994. Host-pest relationships between the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) and strawberry cultivars with differing levels of resistance. J. Econ. Entomol. Feb:168-175.

15. Goodwin, S. 1990. Seasonal abundance and control of spider mites (Tetranychidae) infesting commercial strawberries in coastal New South Wales. Journal of the Australian Entomological Society 29:161-166.

16. Hardman, J. M. and M. L. Gogers. 1991. Effects of temperature and prey density on survival, development and feeding rates of immature *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae). Environ. Entomol. 20: 1089-1096.

17. Herron, G. A., V. E. Edge, L. J. Wilson, and J. Rophail. 1998. Organophosphate resistance in spider mites (Acari: Tetranychidae) from cotton in Australia. Experimental & Applied Acarology 22: 17-30.

18. Hessein, N. A. and M. P. Parrella. 1990. Predatory mites help control thrips on floriculture crops. California Agriculture 44: 19-21.

19. Ho, C. C. and W. Chen. 1996. Improvement on the chemical control of spider mites of eggplant. [Chinese]. Journal of Agricultural Research of China 45: 285-296.

20. Holling, C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Can. Entomol. 19: 385-398.

21. Holling, C.S. 1966. The functional response of invertebrate predators to prey density. Mem. Entomol. Soc. Can. 48: 1-86.

22. Huffaker, C. B., M. Van de Vrie and J. A. McMurtry. 1970. Ecology of tetrenychid mites and their natural enemies. II Tetranychid populations and their possible control by predator: An evaluation. Hilgardia 40: 391-458.

23. Janssen, A. and M. W. Sabelis. 1992. Phytoseiid life-histories, local predator-prey dynamics, and strategies for control of tetranychid mites. Experimental and Applied Acarology 14: 233-250.

24. Janssen, A., C. D. Hofker, A. R. Braun, N. Mesa, M. W. Sabelis, and A. C. Bellotti. 1990. Preselecting predatory mites for biological control: the use of an olfactometer. Bull. entomol. res. 80: 177-181.

25. Kim, S. S. and C. H. Paik. 1996. Relative toxicity of tebufenpyrad to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* (Acarina: Phytoseiidae) and the spider mites, *Tetranychus urticae* and *T. kanzawai* (Acarina: Tetranychidae). [Korean]. Korean Journal of Entomology 26: 373-380.

26. Kim, Y. J., H. S. Lee, S. W. Lee, G. H. Kim, and Y. J. Ahn. 1999. Toxicity of Tebufenpyrad to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae) Under Laboratory and Field Conditions. Journal of Economic Entomology 92: 187-192.

27. Kondo, A., K. Chiwaki, and F. Tanaka. 1998. Development and population increase of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Green Form) (Acari: Tetranychidae) on different varieties of chrysanthemum. [Japanese]. Japanese Journal of Applied Entomology & Zoology 42: 28-30.

28. Krips, O. E., A. Witul, P. E. L. Willems, and M. Dicke. 1998. Intrinsic rate of population increase of the spider mite *Tetranychus urticae* on the ornamental crop gerbera: intraspecific variation in host plant and herbivore. Entomologia Experimentalis et Applicata 89: 159-168.

29. Laing, J. E. and J. A. L. Osborn. 1974. The effect of prey density on the functional and numerical response of three species of predatory mites. Entomophaga 19: 267-277.

30. Lee, T. F. 1997. Predator-prey interaction: Numerical responses of *Ambly-*

seius womersleyi Schicha on different stages, quantities and feeding intervals of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Phytoseiidae: Tetranychidae). Master Thesis, National Chung-Hsing Univ. , Taichung, Taiwan73.

31. Lee, Y., G. Kwon, S. Lee, H. Ryu, and O. Ryu. 1997. Density fluctuation of *Tetranychus urticae* and three predatory mite species (Phytoseiidae) by the differently infested levels. Korean Journal of Applied Entomology 36: 237-242.

32. Lo, K.C. and C.C. Ho. 1979. Influence of temperature on life history, predation and population parameters of *Amblyseius longispinosus*. J. Agric. Res. 28 (4): 237-250.

33. Manzali, D. 1994. Integrated control of strawberry. Colture Protette 23:39-41.

34. McMurtry, J. A., C. B. Huffaker and M. van de Vrie. 1970. Ecology of tetranychid mites and their natural enemies : a review. I. Tetranychid enemies: their biological characters and the impact of spray practices. Hilgardia 40: 331-458.

35. Momen, F. M. 1996. Effect of prey density on reproduction, prey consumption and sex-ratio of *Amblyseius barkeri* (Acari: Phytoseiidae). Acarologia 37: 3-6.

36. Mori, H., Y. Saito, and H. Nakao. 1990. Use of predatory mites for controlling spider mites (Acarina, Tetranychidae) in Japan. FFTC-NARC International Seminar on 'The use of parasitoids and predators to control agricultural pests', Tukuba Science City, Ibaraki-ken, 305 Japan, October 2-7, 1989 22 pp. 11 ref..

37. Paik, C. H. and S. S. Kim. 1996. Selective toxicity of flufenoxuron to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* (Acarina: Phytoseiidae) and the spider mites, *Tetranychus urticae* and *T. kanzawai* (Acarina: Tetranychidae). [Korean]. Korean Journal of Entomology 26: 47-55.

38. Park, C. G., M. H. Lee, J. K. Yoo, J. O. Lee, and B. R. Choi. 1995. Relative toxicity of abamectin to the predatory mite *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae) and twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Korean Journal of Applied Entomology 34: 360-367.

39. Readshaw, J. L. 1973. The numerical response of predators to prey density. J. Appl. Ecol. 342-351.

40. Rogers, D. J. 1972. Random search and insect population models. J. Anim. Ecol. 41: 369-388.

41. Rossi, E. and B. Conti. 1997. Acaricide and insecticide resistance in some strains of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) and of its predator *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae). [Italian]. Frustula Entomologica 20:-177.

42. Royama, T. 1971. A comparative study of models for predation and parasitism. Res. Popul. Ecol. 1: 1-91.

43. Sabelis, M. W. 1985. Predation on spider mites. pp. 103-129. In Helle, W. and M. W. Sabelis (eds.). Spider mites: Their biology, natural enemies and control. vol. 1B. Elsevier, Amsterdam.

44. Schade, M. and C. Sengonca. 1995. Field study on the effect of the release of two predators on the abundance of Thrips tabaci Lindner (Thysanoptera, Thripidae) on single caged leek plants in the field. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft fur Allgemeine und Angewandte Entomologie 10: 199-202.

45. Shih, C. I. and C. J. Wang. 1996. Spatial distribution of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) with special inferences from its behavior of collective egg deposition, life type, and dispersal activities. Chinese Journal of Entomology 16: 287-302.

46. Shih, C. I. T. 1984. Field evaluation of five species of *Amblyseius* on *Tetranychus kazawai*. Acarology 6: 710-716.

47. Shih, C. I. T. 1985. Biological control of mulberry spider mites, *Tetranychus kazawai*, with augmentation of *Amblyseius womersleyi*. In biological control of crop pest in Taiwan. Special Publication. No. 19, TARI. 21-27.

48. Shih, C. I. T. 1985. Biological control of mulberry spidermites, *Tetranychus kanzawai*, with augmentation of Amblyseius womersleyi. in A review of the biological control of crop pests in Taiwan (1981-1984). Special Publ. No. 19. , Taiwan Agri. Res. Institute21-27.

49. Shih, C. I. T. and J. N. Shieh. 1979. Biology, life table, predation potential and intrinsic rate of increase of *Amblyseius longispinosis* (Evans). Plant Protection Bull. 21: 175-183.

50. Shih, C. I. T., P. H. Hsu, Y. F. Hwang and H. Y. Chang. 1993. Responses

of *Amblyseius ovalis* (Evans) (Acarina: Phytoseiidae) to natural food resoures and two artificial diets. Exp. Appl. Acarol. 17: 504-519.

51. Shih, C. I. T., S. M. Hwang, and J. N. Shieh. 1978. Biology, life table, and intrinsic rate of increase, *Tetranychus kanzawai* (Kishida). Plant Protection Bull. 20:181-190.

52. Sirvinskas, J. and J. Zukauskiene. 1993. Importance of *Amblyseius mckenziei* Sch. et Pr. in regulating abundance of thrips in greenhouses. Acta Entomologica Lituanica 11.

53. Stenseth, C. 1979. Phytoseiidae, Tetranychidae on beans. Entomophaga. 24: 311-317.

54. Strong, W. B. and Croft, B. A. 1995. Inoculative release of phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae) into the rapidly expanding canopy of hops for control of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). Environ. Entomol. 24: 446-453.

55. Toyoshima, S. and H. Amano. 1998. Effect of prey density on sex ratio of two predacious mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). Experimental & Applied Acarology 22: 709-723.

56. Trjapitzin, S. V., B. L. Parker, M. Skinner, and T. Lewis. 1995. Biological control of Thrips tabaci on tobacco seedlings in Ukraine. Thrips biology and management: Proceedings of the 1993 International Conference on Thysanoptera 237-240; 9 ref..

57. Walsh, D. B., F. G. Zalom, and D. V. Shaw. 1998. Interaction of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) with yield of day-neutral strawberries in California. Journal of Economic Entomology 91: 678-685.

58. Wang, C. J. 1995. Functional responses of *Amblyseius ovalis* (Acari: Phytoseiidae) preying on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and their spatial distribution. Master Thesis, National Chung-Hsing Univ., Taichung, Taiwan 73.

59. Wermelinger, B., J. J. Oertli, and J. Baumgartner. 1991. Environmental factors affecting the life-tables of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) . III. Host-plant nutrition. Experimental and Applied Acarology 12: 259-274.

60. Wilson, L. J. 1994. Plant-quality effect on life-history parameters of the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on cotton. J. Econ. Entomol. 87:

1665-1673.

61. Zhang, Z. Q. and J. P. Sanderson. 1992a. Effects of host plant experience on foraging behavior the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 85: 775-783.

62. Zhang, Z. Q. and J. P. Sanderson. 1992b. Short-Distance location of spider mite colonies by three predatory mites (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae): predator responses to prey- and predator associated stimuli. Environ. Entomol. 21: 799-807.

63. Zhang, Z. Q. and J. P. Sanderson. 1993a. Hunger and effects on searching behavior of three species of predatory mites (Acari: Phytoseiidae). Can. J. Zool. 71: 1997-2004.

64. Zhang, Z. Q. and J. P. Sanderson. 1993b. Spatial scale of aggregation in tree acarine predator species with different degrees of polyphagy. Oecologia 96: 24-31.

65. Zhang, Z. Q. and J. P. Sanderson. 1995. Twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on greenhouse roses: spatial distribution and predator efficacy. J. Econ. Entomol. 88: 352-357.

66. Zhang, Z.Q and B. A. Croft. 1995. Intraspecific competition in immature *Amblyseius fallacis*, *Amblyseius andersoni*, *Typhlodromus occidentalis* and *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 19: 65-77.

67. Zhang, Z.Q., J. P. Sanderson and J. P. Nyrop. 1992. Foraging time and spatial patterns of predation in experimental populations. Oecologia 90: 185-196.

Abstract

Wang, C. J., C. I. T. Shih, J. C. Su, T. F. Lee, N. I. Sheu, and K. F. Pai. 2003. Predation, reproduction, and impact of *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on strawberry. p. 193-222. *in* : Proceedings of the Integrated Management of Crops Pests in Taiwan.

Reproduction rates and daily predation rates of *Amblyseius womersleyi* (AW) feeding on *Tetranychus urticae* (TSM) were positively correlated with TSM density. Rate of daily prey utilization of AW was the highest on 5 × 15 cm2 among all tested sizes and shapes of artificial arenas. The higher density was obtained from arena of AW feeding on 0.01 g or 0.005 g per day of prey eggs and larvae than feeding on nymphs and adults. The predatory mites, feeding on 0.01 g or 0.005 g of a TSM diet of eggs and larvae, other than nymphs and larvae, produced a higher density on the arena. The higher the amount of daily prey was offered, the higher the AW density was, but the lower the rate of prey utilization was. Feeding daily on 0.01 g of TSM eggs and larvae, AW produced the highest density, which could be sustained for a longer duration on the arena; therefore, a better measurement of the amount of daily prey offer was determined.

In the field and saran house tests for AW releases, with or without integrating fungicides or insecticides, we found a promising result of the measures, evaluated from a low population density. The densities and frequencies of AW in the released plots were higher than those without AW-release throughout the strawberry harvest season; the AW release kept TSM population in check at low density. In the saran house, AW quickly suppressed the TSM to low density on the strawberry plants. However, AW tend to emigrate or were missing from the house, control of re-invaded TSM population later was made unlikely. The re-invaded TSM, after 6-8 weeks of the first release of AW, would not be controlled by AW, and thus caused serious damage.

The releases of AW are compatible with selected insecticide and/or fungi-

cide; such integrated measures are effective in controlling TSM in strawberry systems and show a satisfying result with strawberry productivity. They also significantly reduce the amount and frequency of pesticide applications. In conclusion, we have proved that AW is a valuable biological control agent.

Key Words: *Amblyseius womersleyi*, *Tetranychus urticae*, Integrated control, Strawberry

綜合討論

1.問：爲何柑橘木蝨若蟲能獲毒，成蟲不能？與取食時間、口器有無關係？（林正忠）

答：柑橘木蝨若蟲獲毒能力強，成蟲獲毒能力差，若蟲帶毒率會隨齡期增加而增加，主要是因若蟲期爲生長發育階段，蟲體不斷的吸食汁液，到了成蟲期，取食量少了，可能中腸結構也改變了，病原菌不易通過中腸，故獲毒能力差，成蟲不論取時時間多久，帶毒率皆在 5 % 以下。（洪士程）

2.問：捕植蟎飼養培養基總共更換幾次？又防治效果如何？（高穗生）

答：培養基更換四次。若釋放二至三萬隻，後期增加一倍，即有很好的防治效果。（施劍鎣）

3.問：利用 PCR 檢測柑橘黃龍病，由檢測結果將發病時間往前推兩個月，請問是依據什麼？梨葉緣焦枯病的病原與此是否相同？（陳隆鐘）

答：利用 PCR 檢測柑橘黃龍病，可分檢測植物組織或木蝨蟲體兩面來講，偵測媒介昆蟲柑橘木蝨是否帶毒三天即可偵測到；若偵測植物，因病原侷限在篩管內，移動速度很慢，且分佈不均勻，由植株受感染到病原菌分散植株各部位進而能偵測到約需兩個月的時間，取樣時也需注意方法，才能增加偵測的準確性。（洪士程、洪挺軒）

4.問：台灣蘇鐵並不密植，爲何蘇鐵介殼蟲傳播很快？又若蟲隨風能傳多遠？（林正忠）

答：介殼蟲可能隨種苗傳播，也可能隨鳥獸、器具、車輛傳播。若蟲也會隨風移動，能傳多遠尚未知。（石正人）

台灣作物病蟲害綜合管理研討會工作人員名單

召集人：程永雄

秘書組：楊宏仁、賴素玉、謝宜蓉

報到組：倪蕙芳、林鳳玲、賴素玉、王婉伶、王美華、柯文琪、王榮傑、林友文

議程組：王麗媛、莊明富、王慧燕、王美華、柯文琪、王榮傑、林友文、王婉伶

總務組：房金翔、施玉琴、駱清令、陳武男

接待組：何坤耀、洪士程、黃守宏、楊宏仁、李奎增、陳茂發、張釗明

學術組：黃守宏、倪蕙芳、楊宏仁

台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊

發 行 人：程永雄
地　　址：嘉義市民權路2號
電　　話：05-2771341
主　　編：程永雄　楊宏仁　倪蕙芳　黃守宏
發 行 人：程永雄
出版機關：行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所
電　　話：(05)2771341
地　　址：嘉義市民權路2號
出版日期：中華民國九十二年十二月初版
定　　價：新台幣300元
展 售 處：

國家書坊台視總店	臺北市八德路三段10號	(02)2578-1515
三民書局重南店	台北市重慶南路一段61號	(02)2361-7511
三民書局復北店	台北市復興北路386號	(02)2500-6600
五南文化廣場	台中市中山路2號	(04)2226-0330
農業試驗所	台中縣霧峰鄉中正路189號	(04)2330-2301
新進圖書廣場	彰化市光復路177號	(04)7252-792
青年書局	高雄市青年一路141號	(07)3324-910

ISBN：957-01-6172-8
GPN：1009204916

統 一 編 號
1009204916

ISBN:957-01-6172-8